ESCUELA NAVAL

URUGUAY

CURSO

DE

"Construcción Naval"

Por el Alférez de Navío, Arquitecto Naval,

JUAN A. DE FERRARI



MONTEVIDEO

TIPOGRAFÍA Y LITOGRAFÍA DE LA ESCUELA NAVAL

1920

ESCUELA NAVAL

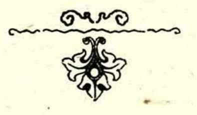
URUGUAY

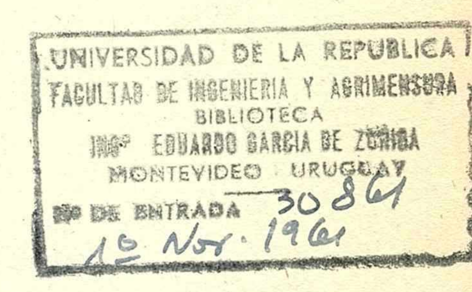
CURSO

DE

"Construcción Naval"

Por el Alférez de Navío, Arquitecto Naval,
JUAN A. DE FERRARI





MONTEVIDEO
Tipografía y Litografía de la Escuela Naval
1920

ARQUITECTURA NAVAL

Prefacio

Al compilar este texto, no ha sido mi intención hacer un verdadero tratado de Arquitectura Naval basado en mis conocimientos de la materia. Bien lejos de mi esta idea, ya que muchos son los libros que tratan con maestría todo lo referente al Arte Naval, condición esta que por cierto no podría superar. Lo que realmente yo he querido hacer es compilar los conocimientos que pueden ser más útiles para el marino y adaptar los mismos al programa de la Escuela.

Para lograr esto, he consultado los autores más autorizados en la materia, como ser:

Scribanti, Russo, Frigeri, Paasch, Col, Giorli, Biles, Cafiero, Doyere, Fricker, Hill House, Huges, Mackrow an Wollord, Nicol, Rossi, Simpson, Walson T. H. y Attwood.

Además, para disciplinar y ordenar la enseñanza, he hecho uso no sólo del material contenido en esos textos, sino también de aquellos conocimientos amplios y seguros que se forma un profesional después de varios años de oficina y de taller.

Preliminares

«La Arquitectura Naval» tiene por objeto, el estudio de los conocimientos teóricos y prácticos relacionados con los buques.

De los conocimientos prácticos o sea de los procedimientos necesarios para llevar a cabo la construcción de la estructura que forma un buque, como también del estudio de los materiales y de la Tecnología de las diferentes piezas que lo componen y de cómo estas partes están constituídas, se ocupa la «*Construcción Naval*».

De los conocimientos teóricos, o sea del estudio de los elementos necesarios para el proyecto de un buque, se ocupa la «*Teoría del Buque*».

El marino cuya misión y finalidad principal es la de hacer vida a bordo de los buques, debe conocer en todos sus detalles la estructura del buque en el cual navega, como así mismo debe conocer su resistencia y todo lo que se relaciona con el mismo.

Por consiguiente el estudio de la Construcción Naval y de la Teoría del Buque es de la mayor importancia para el futuro Oficial de Marina y debe en consecuencia dedicarse a ellos con amor y entusiasmo.

Hago presente que la enseñanza de esta asignatura se hará en forma descriptiva, sin abundamiento de cálculos y problemas, dado que ello constituiría un curso para aspirante a «*Arquitectura*».

CONSTRUCCIÓN NAVAL

Definiciones del buque en general. — Nomenclatura, forma, disposición y fin de las partes que constituyen un casco de madera.

Nomenclatura, forma, disposición y fin de las piezas que forman un casco de hierro o acero. — Dimensiones principales del casco.

Institutos para la construcción y clasificación de buques.

Arqueo de los buques.—Definición del tonelaje de un buque. — Nociones sobre algunas de las antiguas reglas del arqueo.—Arqueo legal internacional.—(Método de Moorson).

Altura libre de amurada. — (Freeboard).—Exponente de carga.

Materiales empleados en la construcción naval.—Noticias históricas sobre la construcción de los cascos de hierro y acero.—Ventajas e inconvenientes de los mismos en comparación con los de madera.—Exigencias de los Registros de construcción y clasificación sobre los materiales empleados en los buques.—Pruebas de los materiales.

Tipos de quillas más usados para buques de hierro o acero.—Rodas y codastes.—Unión con la quilla.—Marco de la hélice.

Cuadernas simples y reforzadas.—Varengas.—Baos.—Curvas.—Puntales. — Trancaniles.—Escotillas.—Mamparos estancos. — Puentes de hierro. — Dobles fondos. — Estructura longitudinal y trasversal.—Cintas.—Aparaduras.—Forro exterior y forro en los extremos de proa y popa.

TEORÍA DEL BUQUE

Representación gráfica del casco.—Plano de construcción.

Cálculo del desplazamiento y de la estabilidad.—Determinación del área de una línea de agua y de una ordenada.

Escala de los desplazamientos y problemas que se resuelven con ella.

Determinación de las coordenadas del centro de gravedad, del área de una línea de agua y de las coordenadas del centro de gravedad del volumen de carena.

Determinación experimental de la altura del centro de gravedad, sobre el centro de carena de un buque ya construído.

CAPÍTULO I

Definiciones y nomenclatura

Definiciones del buque en general. — Definición y disposición de las piezas que componen un casco de madera.

En Arquitectura Naval se considera el buque como un cuerpo flotante destinado a transportar personas y cosas, y, según el fin para el cual ha sido construído, destinado a desempeñar especiales cometidos los cuales proveen a las exigencias del comercio, de la guerra y del recreo.

La superficie externa del buque, no es generada por leyes geométricas y no puede ser por lo tanto representada con una ecuación entre las coordenadas de sus puntos.

Se ha llegado a las formas en uso mediante sucesivas modificaciones aconsejadas por la experiencia con el fin de obtener una superficie apta para encerrar el máximo de volumen posible y ofrecer la mínima resistencia al movimiento.

La única condición geométrica que goza la misma superficie es la de ser simétrica respecto a un plano vertical longitudinal llamado plano de simetría del buque. Con esta base cuando se estudia o se representa un buque basta limitarse a considerar la mitad.

Imaginemos un buque flotando en aguas tranquilas y en determinadas condiciones de carga, en general con cargamento completo, y extendamos idealmente el plano del nivel del agua a través del buque.

Lo dividiremos de este modo en dos partes: una sumergida llamada *obra viva* y otra emergente llamada *obra muerta*. El plano divisorio se llama plano de flotación, y la línea que limita este plano se llama línea de flotación (fig. 1).

En un buque la parte más importante es la obra viva y ello es debido a que de su volumen limitado por el plano de flotación y de su superficie mojada depende, según el Principio de Arquímedes, el peso del buque. De su forma depende la resistencia que el agua opone al movimiento del buque. Basado en esto, Froude ideó estudiar la re-

sistencia que una carena encuentra al moverse, operando sobre modelos a los cuales, en apropiados tanques, imprimía una velocidad que estuviera en relación con la escala del modelo.

De sus formas y de sus dimensiones depende la estabilidad del buque o sea la actitud que ella presenta cuando desviada de su posición vertical tiende a volver a su primitiva posición, al cesar la causa que ha producido el abatimiento.

También la obra muerta desempeña cometidos importantes, o sea constituye una reserva de flotabilidad; contiene los alojamientos, da apoyo a la arboladura y permite la circulación de las personas; y en los buques de guerra se utiliza para la instalación de la artillería, etc., etc.

La parte anterior del buque que concluye en forma de cuña y ligeramente cóncava, de manera de poder separar el agua, se llama *proa,* y la parte posterior más fina que la anterior y ligeramente convexa para facilitar el deslizamiento del agua hacia la popa y rendir más eficaz el funcionamiento de la hélice y del timón se llama *popa.*

El cuerpo proel y popel se unen con una sección plana llamada *sección maestra* que es la más grande de todas las secciones transversales que se pueden obtener. Ella constituye por consiguiente el contorno aparente del buque si se mira desde un punto hacia el infinito, en dirección de la proa. Sin embargo, en general, las dos extremidades se unen con un cuerpo en el cual cada sección constituye una sección maestra.

Estribor y babor

Se llama estribor la parte que corresponde a la derecha de un observador situado en el medio del buque y que mire hacia la proa, y se llama babor la parte contraria del mismo observador.

Desplazamiento.

El peso total del buque o sea el peso del volumen de agua que desaloja, se llama desplazamiento y se expresa en toneladas de 1000 kilogramos según el Sistema Métrico Decimal y de 1016 kilogramos según el sistema inglés.

Es evidente que a cada estado de carga, corresponde un desplazamiento distinto: entre todos se distinguen ordinariamente, tres, como principales y son:

1.º *Desplazamiento en rosca.*—Es el correspondiente al buque que acaba de ser botado al agua.

2.º *Desplazamiento en lastre.*—Es el que adquiere cuando está armado sin contener carga alguna.

3.º *Desplazamiento en carga.*—Es el que alcanza cuando está listo para salir a la mar, con todos los efectos que dentro de cierto límite puede conducir.

La línea de flotación correspondiente a estos desplazamientos se llaman, respectivamente, línea de flotación en rosca o ligera, línea de flotación en lastre y línea de flotación en carga.

Descripción sumaria de las piezas que forman un casco de madera

Casco. El casco es el conjunto de las piezas que forman la envoltura impermeable de un buque y debe necesariamente llenar las condiciones esenciales de impermeabilidad y de solidez. La primera para poder flotar y navegar; la segunda para poder resistir las presiones externas, los esfuerzos que se manifiestan en los movimientos de balance y de cabeceo, los esfuerzos producidos por la distribución de los pesos a bordo y los esfuerzos producidos por los órganos de propulsión.

Estas dos condiciones le son conferidas mediante un apropiado conjunto de piezas transversales y longitudinales que constituyen el esqueleto del buque, y mediante un conveniente forro que es el revestimiento que hace impermeable el casco

Quilla. La pieza más importante del esqueleto es la quilla, compuesta por un sólido de forma prismática, de sección rectangular, que corre en la parte más baja del buque longitudinalmente de proa a popa y dividida por el plano de simetría (fig. 2).

La altura de la quilla llamada peralto, es siempre mayor que el ancho, para resistir mejor los esfuerzos de flexión, a los cuáles el buque está expuesto. Las caras verticales tienen practicadas unas ranuras triangulares que se llaman alefrices y que están destinadas a recibir las tablas que forman la última hilada del forro exterior, llamada *traca de aparadura.* Como se ve en la figura 2 el alefriz está determinado por los puntos *a, b* y *c; c,* se llama *canto*

exterior del alefriz; b, fondo del alefriz y *c, canto interior del alefriz.*

La cara superior de la quilla tiene también practicadas algunas ranuras en las cuales entran las varengas de la cuaderna por lo que no pueden moverse en el sentido de proa a popa evitando así que los pernos de coligamiento de la misma varenga con la quilla trabajen mucho. Estas ranuras se pueden hacer laterales como *a b m n* y planas como *r s l t* (figs. 3 y 4) de dimensiones iguales al madero que asienta sobre la quilla.

Teniendo la quilla ciertas veces gran longitud es imposible encontrar una pieza que tenga las dimensiones requeridas. Entonces es necesario formarla con varias piezas puestas en continuidad en dirección rectilínea y sólidamente unidas entre ellas. Estas uniones se hacen por medio de empalmes; y uno de los más usados es el representado en la figura 5.

La longitud debe ser cinco veces el peralto y *n* $^1/_3$ del mismo.

Los contactos entre los escarpes de las dos piezas deben ser perfectos de manera que no puedan resbalar. Las caras de los ensambles deben siempre estar situados en planos perpendiculares al de simetría para poder resistir mejor los esfuerzos de flexión.

Las piezas que forman la quilla deben tener la máxima longitud posible, por esto los Registros de Clasificación de Buques exigen que la quilla, en la parte central sea formada por piezas por lo menos de 11 metros de longitud, comprendido los empalmes, y que en los extremos tenga una longitud de 7 metros. Los empalmes deben tener por lo menos tres pernos de ligamiento. Estos en general, son de cobre; tienen en una extremidad una cabeza un poco saliente y están remachados sobre rosetas por la otra extremidad.

Zapata. La cara inferior de la quilla es llana y a veces se une a otra pieza llamada *zapata* o *falsa quilla Z*, destinada a soportar los golpes, en caso que el buque tocara y los cuales podrían averiar la quilla. La zapata está unida a la quilla con simples clavos de cobre los cuales producen una suave adherencia de manera que en caso de choque puedan permitir el movimiento de ella sin averiar la quilla.

Una cuaderna es el conjunto de las piezas curvas que aseguran la rigidez transversal del casco y da apoyo al forro. Cada cuaderna presenta en la parte baja una especie de encavado o boca que va a coincidir con la ranura de la cara superior de la quilla. **Cuaderna.**

Una cuaderna por sus grandes dimensiones no se puede construir de una sola pieza, por lo cual se constituye de varias partes, dispuestas en dos órdenes o cuerpos con las juntas alternadas (fig. 6).

Cada cuerpo está constituído de varios elementos llamados, en general, *ligazones* (fig. 6). Las piezas del primer orden se disponen de la manera siguiente: sobre la quilla se dispone una pieza central llamada varenga dividida por mitad por el plano de simetría *A* a ésta y a cada extremo sigue la primera ligazón *B*, después las *C* que son las terceras ligazones, a éstas siguen las *D* quintas ligazones, etc. De manera que este cuerpo quedaría constituído por las ligazones de orden impar.

El segundo cuerpo se forma de la siguiente manera: a cada lado del plano de simetría se colocan unas piezas *E* que se llaman *genoles*, siguen por orden las segundas ligazones, después las cuartas, etc.; es decir, las ligazones de orden par.

Dos ligazones del segundo orden quedarán dispuestas de tal manera que sus juntas caigan en la mitad de la longitud de la ligazón del primer orden y vice-versa. Todas estas piezas están unidas entre sí, mediante pernos dispuestos a una distancia de 20 a 30 centímetros de la extremidad de cada pieza, perpendiculares al plano de la figura. Las dimensiones de las piezas sean en el sentido transversal como longitudinal, son máximas para las varengas y mínimas para las piezas de la parte alta. El espesor (longitudinalmente) disminuye desde una pieza a otra pero es constante para cada pieza. Las extremidades de las ligazones se llaman *cabezas*. Las varengas y los genoles están siempre en contacto en el plano medio de la cuaderna llamado *plano de encoramento*. La distancia entre dos planos de encoramento se llama *intervalo entre cuaderna* o *distancia intercuadernal* y se señala con el símbolo Δ. Se denomina orden o cuerpo principal al que resulta más próximo a la sección maestra. La unión entre dos cuerpos de una cuaderna puede ser de dos sistemas llamados: uno sistema Francés y el otro sistema Inglés.

Sistema Francés Todas las piezas coinciden en el plano de encoramento, de manera que el espesor disminuye desde lo bajo a lo alto y la latitud de los espacios útiles que quedan entre las caras contiguas de dos cuadernas consecutivas aumenta hacia lo alto y es mínima en correspondencia de la quilla.

Los Registros exigen que esta latitud sea de 15 centímetros y en general se tiene $\leq 1/5\ \Delta$. Los Registros de clasificación dan tres espesores de las piezas que componen una cuaderna, en tablas cuyo uso está basado en módulos especiales. Y así se tienen dimensiones en el medio de las varengas, en la flotación y en el extremo superior (fig. 7).

Sistema Inglés. En el plano del encoramento sólo coinciden las varengas y los genoles, las otras piezas mantienen sus caras consecutivas a una cierta distancia (fig. 8) mediante tacos de madera de dimensiones suficientes para poder recibir los pernos de unión. Este tipo de cuadernas presenta la ventaja de permitir mejor ventilación a las piezas y por consiguiente ayuda a la conservación del material. Es de notar que en las piezas las fibras de la madera deben hallarse en el sentido de las fibras de la pieza (fig. 9) y por consiguiente no se debe usar piezas cortadas en troncos derechos (fig. 10) porque presentarían menor resistencia a las presiones del agua en las cuales el buque navega.

La unión de las piezas de dos órdenes se hacían antes con pernos de hierro, ahora se emplean pernos de hierro galvanizado lo que impide las rápidas oxidaciones.

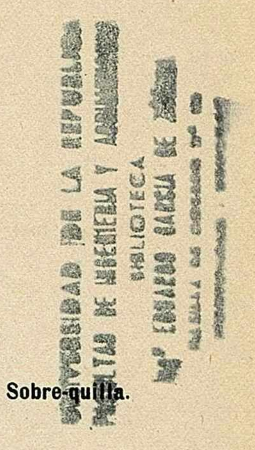
En los dos sistemas descriptos de cuadernas, la parte central está formada por tres piezas, un madero y dos genoles, por lo que la sección resistente en el plano de simetría, donde coinciden las extremidades de los genoles, está reducida sólo a la varenga. Para evitar el inconveniente de una sección poco resistente en el centro, se ha aplicado algunas veces el sistema de la doble varenga. Este sistema fué empleado en la Cañonera «Suárez» que ha formado parte de nuestra escuadrilla y ahora está destinada a Escuela de Grumetes.

Para cada orden de cuaderna se tiene una varenga con dos brazos designados, de manera que en la parte donde la varenga *A B* del primer orden tiene el brazo largo, la varenga *A' B'* del segundo orden tiene el brazo corto y vice-versa. Este sistema además de presentar más solidez tiene la ventaja de la economía de material, porque con él

se pueden utilizar piezas no muy largas para obtener las varengas y los genoles (fig. 11)

Cuadernas reviradas.

En las extremidades del casco se hace uso de las cuadernas llamadas reviradas o de reviro. Estas a diferencia de las comunes, que se desarrollan en planos transversales, tienen los dos brazos desarrollados en planos inclinados sobre el plano de simetría y normal a la superficie del casco. De tal manera sus secciones resultan rectangulares, donde se habrían obtenido de forma de paralelogramo si se hubieran conservado las cuadernas ordinarias. Así se obtiene la ventaja de economía de materiales y menor trabajo. El ángulo de desviación δ va creciendo desde 0° a 90° partiendo desde el medio a las extremidades. A los costados de la roda se disponen dos piezas que son los apóstoles y sirven de apoyo a las cabezas de las tablas del forro exterior.



Sobre-quilla.

Sobre todas las cuadernas, en el plano de simetría corre de popa a proa una pieza de forma paralelepípeda *G*, de escuadra casi igual (fig. 13) a la de la quilla que se llama *sobre-quilla* y en los buques de dimensiones regulares sobre ella apoya una pieza *G'* de dimensiones poco superiores o iguales llamada *contra-sobrequilla*. Estas piezas sirven de ligazón entre las cuadernas y ayudan a resistir los esfuerzos que se manifiestan en el sentido longitudinal.

Para buques mayores se refuerza la estructura mediante dos sobre-quillas laterales *G'' G''* (fig. 13) situadas al costado de la sobre-quilla central. Todas estas piezas no se pueden, por sus grandos dimensiones, hacer de un solo trozo, por cuya circunstancia se forman de varias piezas empalmadas como la quilla. Se tendrá cuidado que los empalmes resulten alternados con los de la quilla y que tanto los unos como los otros se encuentren a suficiente distancia del pié de los palos, con el objeto de que sobre los empalmes, que son siempre secciones débiles, no se hagan grandes esfuerzos. En la parte superior las cuadernas están unidas entre ellas por medio de dos piezas longitudinales *E* (fig. 14) llamadas durmientes puestas una a babor y otra a estribor, las cuales sostienen las extremidades de unas piezas ligeramente curvas llamadas baos *D*. Estas impiden que las cuadernas puedan cerrarse bajo las presiones exteriores. Los extremos de los baos son por tres o cuatro centímetros ensamblados a cola de pato en los durmientes y en los

trancaniles *L* que son piezas longitudinales que se extienden de proa a popa apoyados a las cuadernas y sobre los baos. Por debajo del durmiente está colocada otra pieza de dimensiones menores *E'* llamada *soto-durmiente* y a veces por debajo de este último está colocada otra pieza llamada *contra-durmiente*.

En los buques de grandes dimensiones al costado de los trancaniles *L* se colocan los llamados *contra-trancaniles L''* en los cuales se ensamblan también los baos. De tal manera los baos no tienen unión directa con las cuadernas a las cuales se aseguran los durmientes y los trancaniles con pernos horizontales y pasadores de hierro galvanizado. Estos se introducen de afuera para adentro, atravesando el forro externo, la cuaderna, el trancanil, o el durmiente; por último se remachan en la parte interna sobre una roseta de hierro. Los baos se aseguran a los trancaniles con los ensambles y con pernos a punta perdida o pasantes a través de los baos o de los durmientes. Para ser más eficaz la unión de los baos se emplean las curvas *de peralto M* que son piezas de madera con curvas naturales y trabajadas a escuadra, las cuales vienen dispuestas con el lado vertical en contacto con el forro y con el horizontal en contacto con los baos (fig. 17). Naturalmente el lado vertical será trabajado a escalones como lo exige la configuración de los durmientes. Otras curvas *horizontales M'* (figs. 15 y 17) aseguran la invariabilidad del ángulo formado por los baos con las cuadernas. Se llaman curvas horizontales por la manera como están dispuestas. Debido a la dificultad de encontrar las curvas naturales que se necesitan, generalmente se sustituyen con escuadras de hierro aseguradas con pernos (fig. 16). Cuando los baos van de proa a popa se apoya sobre ellos una tablazón constituída por tablas longitudinales. El conjunto de los baos con esta tablazón se llama cubierta (fig. 17). Los baos están sostenidos por medio de piezas verticales llamados puntales *s* los cuales se apoyan sobre los puentes inferiores, en la sobre-quilla o en la contra-sobre-quilla si existe. En general hay un solo puntal por cada bao en el medio, pero si la manga del buque es muy ancha es necesario poner dos puntales laterales. Los puntales pueden ser de entrepuente y de bodega. En general los puntales trabajan como tales pero puede ocurrir que la distribución de los empujes y de los pesos, los obligue a trabajar como tirantes, por lo que deberán

ser asegurados a los baos y a la sobre-quilla con gafas de hierro como *i, r, e.*

En la mayor curva de la cuaderna llamada *pantoque* o sea en *K* se disponen interiormente cierto número de tablones dispuestos en hiladas longitudinales en el sentido de proa a popa, llamados *palmejares del fondo* y el más próximo a la sobre-quilla se llama *palmejar de la canal.*

Entre el palmejar de la canal y la sobre-quilla central el forro interior está formado por medio de tablones que constituyen la *pana de Registro.* Estos tablones *T* están puestos inclinados y sostenidos por un listón clavado lateralmente a la sobre-quilla. Son movibles y llevan anillos para poderlos levantar y poder de tal modo visitar el espacio que ellos limitan inferiormente, el cual se llama *inbornal,* y el espacio entre las varengas hasta la primera hilada de los palmejares del fondo se llama *sentina.*

Los palmejares y las panas de Registro, constituyen una superficie continua que impide a la carga caer a la sentina. Desde el palmejar superior al durmiente del orden más bajo de baos corren los tablones *H* llamados *franjas* de bodega de espesor menor que el de los palmejares del fondo. Otros tablones *M''* iguales a los *H* llamados *franjas de corredor,* se extienden desde el trancanil de la segunda cubierta al soto-durmiente del primer puente. Para facilitar la circulación del aire en el espacio intercuadernal se dejan por debajo del último durmiente dos hiladas del forro interno *V V* llamadas *hiladas de ventilación.* En el caso de que el buque transportara mercadería a granel podrá ésta pasar por los espacios intercostales y entonces para impedirlo se tapan las hiladas de ventilación con tacos de madera que se sacan cuando el buque queda vacío. Palmejares y fajas constituyen el forro interior, el cual por el cometido que debe desempeñar no necesita calafateo. Como hemos dicho, la impermeabilidad del casco la constituye el forro exterior el cual está formado por tablones dispuestos en el sentido longitudinal y distribuídos por tracas o hiladas. Los tablones de cada traca se unen a tope y los de las diferentes tracas se sitúan adyacentes, sin ensambles de ningún género; entre las tracas y entre los frentes de los tablones de una misma traca, queda un espacio llamado *costura* que se tapa por medio de calafateo. El calafateo se obtiene rellenando con estopa las costuras por medio de un escoplo, golpeado fuertemente con un mazo.

En la parte inferior del casco y contra la quilla, se disponen a cada lado de esta última, dos o más tracas *O* de espesor considerable respecto al resto del forro que se denominan *aparaduras;* la parte que va inmediata a la quilla tiene una forma triangular que se introduce en el alefriz de esta última. A la aparadura sigue el forro *de disminución* que está constituído por las tracas de pantoque y se elevan hasta llegar a la máxima redondez de la cuaderna maestra. Cuando el buque se encuentra a flote sus calados aumentan o disminuyen según el cargamento. Resulta que en todo buque hay una zona del forro exterior alternativamente sometida a la influencia de la atmósfera y del agua.

Las cuatro o más hiladas de tablones que se hallan en esas condiciones reciben el nombre de *cosederas* y la parte exterior del casco que se encuentra por debajo del nivel del agua se llama *carena.* Por arriba de las cosederas se colocan las cintas. Para impedir que el agua penetre por la parte superior de las cuadernas, en el espacio comprendido entre el forro exterior e interior se dispone sobre la traca superior de las cintas, y sobre las cabezas de las cuadernas una tatablazón *Z* llamada *solera* la cual apoya contra el trancanil. Las costuras de la solera están calafateadas y ella se halla munida de cortes rectangulares hechos en correspondencia con las distancias intercostales de las cuadernas, en los cuales se introducen piezas como *W* que bajan 50 centímetros aproximadamente de la solera y que se llaman *candeleros* o *montantes de batayola* o *de la obra muerta.* Superiormente concluyen en un diente con el cual se ensamblan a un tablón horizontal llamado tablón de regala *X* variablemente moldeado.

Sobre la cara externa de los candeleros se fijan las tablas de la tablazón de regala, la cual concluye antes de llegar a la solera para que el agua de la lluvia y del lavado de las cubiertas pueda afluir hacia afuera de la borda.

Con este fin se emplean también los imbornales que son tubos inclinados que atraviesan a conveniente distancia, los trancaniles y el forro exterior (fig. 16). Están revestidos de plomo para impedir todas las filtraciones de agua entre el tubo y la madera. Para la descarga, fuera de la borda, de grandes cantidades de agua como la de las olas, se abren a conveniente distancia en la tablazón de regala y entre los montantes, algunas puertas de forma rectangular que giran alrededor de un eje horizontal y las que se abren

del interior al exterior de manera que permita la salida del agua que podría entrar a la cubierta; al mismo tiempo esa disposición tiene la ventaja de que los golpes de mar contra las muradas ayudan a tenerlas cerradas.

Calafateada la carena, se cubre la parte que debe estar sumergida con un forro de felpa alquitranada que se fija provisoriamente con pequeños clavos. Sobre este forro se dispone otro constituído por chapas de cobre colorado o mejor aun de metal Muntz (composición de $^3/_5$ de cobre y $^2/_5$ de zinc) asegurado con tachuelas del mismo metal y nunca de zinc para evitar la acción galvánica que se produciría. Este forro tiene por objeto: 1.º mantener limpia la superficie de la carena, la cual se cubriría en poco tiempo de vejetaciones llenándola de asperezas perjudiciales a la velocidad del buque. El metal Muntz tiene la propiedad que al contacto con el agua marina se cubre de óxido de cloruro poco adherente y que desprendiéndose con facilidad lleva consigo las incrustaciones que se forman en la superficie; 2.º proteger la madera contra la acción de ciertos organismos animales como el teredo, los cuales producen un número grandísimo de picaduras capaces de generar una verdadera disgregación de las fibras de la madera. Las tablas de cubierta se disponen en hiladas longitudinales paralelas al plano de simetría. Las cabezas de las tablas se cortan en águlo recto y todas deben caer sobre baos para que sea posible empernarlas; al mismo tiempo se deben alternar convenientemente para que no resulten líneas de rotura continua y la cubierta contribuya eficazmente al aumento de resistencia del casco y a la flexión longitudinal. El forro se une a los baos por medio de pernos o también con tornillos y para que al gastarse las tablas no se vean las cabezas de los pernos, éstos se embuten hasta cierta profundidad y por arriba se colocan tacos de madera embebidos en mastic.

Como la distancia entre los baos es a veces considerable, los tablones de la cubierta estarían expuestos a flexiones si no se interpusieran entre los baos los barrotines, los cuales son baos de menor peralto. Para poder comunicar con el interior de los buques se practican en la cubierta aberturas rectangulares llamadas escotillas. Están limitadas a proa y popa por dos baos y lateralmente a estribor y babor por dos piezas longitudinales llamadas *galeotas de escotilla* (fig. 18) las cuales completan la escuadría de la escotilla.

Sobre los baos se disponen dos piezas llamadas *brazolas* y sobre las galeotas otras dos piezas llamadas *esloras*. La escotilla se cubre con tablas movibles llamadas *cuarteles* los cuales apoyan sobre la eslora y en el centro sobre una pieza llamada galeota longitudinal.

Para facilitar la salida del agua fuera del buque los baos de la cubierta se hacen curvos y se trazan según reglas empíricas las cuales dan como valor de la flecha de la curvatura del bao, de 1/50 la cual se llama vuelta del bao.

Buzardas. Constan de dos brazos simétricos dispuestos en ángulo agudo. Tienen una curva natural y se sacan de las bifurcaciones de las ramas de las plantas. Se emplea a proa y popa para ligar las extremidades de los durmientes y de los trancaniles (fig. 19).

Macizo de proa. El conjunto de las piezas que forman la parte anterior del buque o sea la proa, se llama *macizo de proa* (fig. 20).

La primera de estas piezas es la roda, la cual está dividida en tres partes: la primera se une a la quilla por medio de empalmes y se llama pie de roda *A;* sigue la gorja *B* y sobre ésta está el caperol *C* unido en la misma forma que el anterior. Los alefrices de la quilla continúan sobre la roda y están destinados a recibir las extremidades de los tablones del forro exterior. Los empalmes deben estar dispuestos en forma de poder retirar fácilmente *el pie de roda*. Para reforzar la roda hay interiormente una curva la cual se une por el lado horizontal, con una pieza *F* llamada dormido y por el lado vertical con otra llamada contra-roda *L,* entre la sobre-quilla y el *dormido* hay piezas de *rellenos M,* la sobre-quilla *N,* y la segunda sobre-quilla *Q* se une a la contra-roda con una curva *P,* la cual puede estar empalmada y puede ser también sobre puesta. Todas estas piezas están unidas por media de pernos pasadores que se ponen desde el exterior y están remachados en el interior sobre rosetas.

Medio de eliminar el pie de roda. Estas piezas por sus dimensiones y por sus formas no se encuentran fácilmente y entonces la unión de la quilla con la roda se hace mediante una pieza *T* (fig. 21) de forma angular muy pronunciada que concluye con una espiga que se introduce en una caja practicada en la quilla. Esta unión está reforzada con dos chapas de bronce, puesta una por cada parte y fijadas con pernos pasantes y remachados.

El conjunto de piezas que forman la parte posterior, o sea la popa, se llama *macizo de popa.* Sobre la sobre-quilla se levanta verticalmente una pieza *A* de forma prismática, de sección rectangular de escuadría, igual a la quilla, la cual se llama *codaste* (fig. 22). **Macizo de popa.**

Su extremo inferior concluye con una espiga que se introduce en una caja practicada en la quilla, sirviendo de unión entre las dos piezas.

La roda tiene que sostener el timón por lo que es indispensable una firme unión con la quilla lo que se hace con una sólida curva *E* llamada *curva coral.* Además se refuerza la unión de estas dos piezas con dos curvas de bronce puestas sobre las carras laterales de la quilla y del codaste, en correspondencia al punto en el que ellas se encuentran. En el codaste sigue el alefriz de la quilla el cual debe recibir las extremidades de los tablones del forro exterior. Al lado vertical de la curva coral se une por medio de un empalme el contra-codaste *L* el cual además de reforzar el codaste sirve de apoyo a las extremidades de los tablones del forro exterior.

Al lado horizontal se une de la misma manera otra pieza que se llama *dormido de popa E.*

La sobre-quilla, o la segunda sobre-quilla, se prolongan hasta la curva *P* que le sirve de unión con la contraroda, levantándose a una altura más o menos grande, según la mayor o menor finura de la forma del buque.

La curva *P* está unida a la sobre-quilla o a la segunda sobre-quilla, por medio de un empalme. Entre la sobrequilla y el dormido hay varias piezas de relleno *M.*

La estructura del codaste que hemos descripto, se refiere al caso de buque a vela, a rueda y a dos hélices. En el caso de buque con una sola hélice el macizo es un poco más complicado y se construye de la manera siguiente:

Hay dos codastes: uno en la extremidad popel de la quilla, llamado codaste *popel* o *del timón (A),* el cual sirve de sostén al timón, y se une a la quilla mediante una espiga que se introduce en una caja practicada en la misma. El otro está a proa del codaste popel y se llama codaste *proel* o *de la hélice* A_1 (fig. 23). Este está también unido a la quilla mediante una espiga; así como también al primero por dos curvas de bronce puestas una en cada parte y sujetas en su lugar por pernos pasantes y remachados. **Macizo para buque de una sola hélice.**

El espacio comprendido entre los dos codastes se llama *vano de la hélice*. Los dos codastes en la parte superior están ligados mediante dos piezas R que se llaman *gambotas de popa*. Para hacer más sólido el conjunto de los dos codastes, dos curvas Q las unen a las gambotas. Estas curvas que son cuatro están unidas por dos empalmes y fijadas a los costados con pernos pasadores y remachados.

Como la hélice está bajo la línea de flotación, se pone entre los dos codastes una pieza K llamada *marco de los codastes*, unida a ellos con encastres. Hasta la altura de la cubierta se ponen tablas e que inferiormente concluyen con unas espigas que se introducen en cajas practicadas en el marco de los codastes, y pasan entre las dos gambotas de popa a las cuales están unidas con pernos pasantes y remachados.

De tal manera el vano o pozo de la hélice en vez de ser trapezoidal resulta rectangular. Una sólida curva coral G une el codaste de la hélice con la quilla. El brazo horizontal de la misma curva está unido al dormido F mediante un empalme, y el brazo vertical sirve de apoyo a la sobrequilla N o a la segunda sobre-quilla Q si existe. La sobre-quilla o la segunda sobre-qailla, a cierta altura de la popa se levantan y después vuelven a la posición horizontal, de manera que en las piezas S puede practicarse el pasaje del eje de la hélice.

Las piezas S son iguales y dispuestas dos por cada parte del plano de simetría.

Una curva P une las dos piezas S con el codaste. Para impedir que el agua penetre en el espacio existente entre la madera y el eje, se introduce en el mismo espacio un tubo de bronce que rodea al eje. El eje no debe estar en contacto con el tubo, por las dos razones siguientes:

1.º Para disminuir la resistencia a la fricción.

2.º Para no elevar mucho la temperatura.

A fin de obtener esto, se ponen entre el tubo y el eje listones de madera dura encastradas *a cola de pato* al primero y salientes, de manera que representen una superficie cilíndrica de diámetro igual al eje. En los espacios entre un listón y otro circula el agua la cual mantiene fresca la superficie en fricción. Para impedir que esta agua penetre en el interior del buque, el tubo de bronce lleva en la extremidad interior una caja de prensa-estopa, y la ex-

tremidad exterior concluye a rosca, en la cual se adapta una tuerca que se enrosca con fuerza apoyándose en el codaste proel.

Para controlar si el agua tiene libre acceso entre los listones de madera, se pone un tubo comunicante con un extremo en el interior del tubo principal y unido el otro a un grifo. Haciendo funcionar éste se dará cuenta si el agua funciona en el tubo. En los buques de dos hélices el macizo de popa es igual como hemos dicho, al de los buques a vela y a ruedas, pero donde los ejes motores atraviesen la carena hay ciertos sostenes formados por caballetes de madera entre los cuales pasan los ejes. Un prensa-estopa asegura la impermeabilidad del agua (fig. 25).

Por lo que hemos expuesto resulta que para la construcción de un buque de madera se necesitan:

1.° Vigas derechas paralelepípedas para quillas, sobrequillas, durmientes, trancaniles y codastes. 2.° Vigas ligeramente curvas de sección rectangular, para baos, extremidades de durmientes y trancaniles, y rodas. 3.° Tablones derechos para forro y tablazones. 4.° Curvas para varengas, ligazones, curvas de peralto y horizontales, y buzardas. 5.° Pernos a punta perdida, que son varillas cilíndricas munidas en una extremidad de una cabeza y concluyendo en la otra en forma de cono. Esta punta no está destinada para abrirse paso en la madera pues esto se hace con un taladro de diámetro menor que el del perno. Son a sección circular o cuadradas y su adherencia está mantenida por frotamiento.

Pernos pasantes

Son unas varillas cilíndricas que atraviesan de parte a parte las piezas que reúnen. Están munidas de una cabeza en una extremidad y remachados sobre rosetas por la otra extremidad.

Los pernos a cabeza perdida y pasantes, se hacen de hierro galvanizado, de cobre o de metal Muntz. Estos últimos se emplean en correspondencia del forro de la carena, y un poco superiormente para evitar toda acción galvánica que se manifestaría usando pernos de hierro.

Cavillas.

Son piezas en forma de listón ligeramente tronco-cónicas que se emplean en la proximidad de las cocederas para fijar los tablones del forro exterior a las cuadernas. Se hacen de madera muy fibrosa y resistente al agua, con las fibras

dispuestas en el sentido de la longitud. Atraviesan las piezas que unen como los pernos y se ponen a golpes de maza acmentándose la adherencia en las extremidades introduciendo pequeñas cuñas con hiladas de estopa.

Clavos, estopa, fieltro y láminas de metal Muntz para el calafateo y para el forro de la carena.

CAPÍTULO II

Descripción de las piezas que forman un casco de hierro o acero

El casco de metal es una construcción reciente, la cual ha conservado no sólo muchas disposiciones, sino también muchas denominaciones de los de madera.

El material empleado primeramente fué el hierro, después se pasó al acero dulce o hierro homogéneo con poco carbono, el cual por su mayor resistencia y maleabilidad presenta ventajas sobre el hierro.

Los materiales empleados en la construcción de los cascos de metal son los siguientes:

Chapas o planchas. Son láminadas a un espesor uniforme y en general de forma rectangular con un espesor que varía de 4 a 30 milímetros. El alto máximo no supera los dos metros y el largo que antes no superaba los dos metros (cinco intervalos de cuaderna) hoy llega a ocho o más intervalos.

A veces se usan planchas delgadas de espesor de cuatro milímetros que son galvanizadas para protegerlas de las oxidaciones; las chapas se definen con sus dimensiones, o sea largo, ancho y espesor, y se expresan en milímetros. Así una chapa de 6.50 metros de largo, 1.60 de ancho y con un espesor de 16 milímetros, se anota y se ordena del siguiente modo: Una chapa: 6500 $\times$ 1600 $\times$ 16.

Chapas con nervio (fig. 1). Tienen un nervio y se piden como las ordinarias sin especificar las dimensiones del nervio el cual viene hecho de los talleres con relación al espesor de la chapa.

Barras. Pueden ser perfiladas. Ellas comprenden varios tipos: 1.º Barras simples o de hierro de ángulo (fig. 2) que están definidas por el largo de los lados de la sección y por el espesor tomado a mitad de cada lado; 2.º Barra con nervio (fig. 3); 3.º barra a T (fig. 4); 4.º barra a T con ner-

vio (fig. 5); 5.° barra a Z (fig. 6); 6.° barra a U o a canal (fig· 7); 7.° barra a doble T (fig. 8). Todos estos tipos de barra se indican y se ordenan como las simples en lo que se refiere a las dimensiones. El perfil a doble T es poco empleado, especialmente para las piezas largas, porque en las juntas se tendría una sección muy débil. Se prefiere en este caso el perfil a T o a Z y se emplean muchas veces los tipos compuestos como los que se representan en las figuras 9, 10 y 11.

Hierro media caña. Que puede ser lleno o vacío (figuras 12 y 13).

Hierros especiales (fig. 13 bis). Barra para roblones o remaches, son cilíndricas y con ellas se hacen los remaches los cuales pueden tener la cabeza de varias formas (figuras 14, 15 y 16). La primera es poco empleada.

Pernos prisioneros. Son roblones munidos de filetes y sirven para unir piezas de grueso espesor. Están munidos de una cabeza de sección cuadrada que sirve para apretarlos y que se corta una vez colocados (fig. 17).

Barras gruesas de sección rectangular, forjadas o de fundición, que sirven para codastes, rodas y quillas.

Quillas. En la parte inferior del casco se extiende una quilla *A* (fig. 18) la cual desempeña el cometido de refuerzo longitudinal y que pueden ser de varios tipos como describiremos en otro capítulo.

Cuadernas. Sobre la quilla apoyan las cuadernas, las cuales comúnmente constan de tres partes que son:

1.° Un hierro de ángulo principal *E* sección α α de la figura 18. Está compuesta por dos partes simétricas encabezadas en el plano de simetría, plegadas según el contorno de la cuaderna de la cuaderna y se extiende desde dicho plano hasta el punto más alto de la amurada. (Se llaman amuradas las superficies que se encuentran sobre la prolongación de la carena y que comprenden lateralmente la obra muerta). Los ángulos principales no se hacen de una sola pieza para no tener una barra tan larga y por lo tanto muy difícil de manejar. Estas dos partes se unen con un trozo de ángulo que se extiende un metro aproximadamente

de la banda opuesta de cada lado y que divide por la mitad el plano de simetría (fig. 18).

Varenga o plancha varenga.

Es una plancha que se extiende simétricamente en el plano de simetría con el canto superior horizontal o casi en el centro, y se levanta en las extremidades de manera de seguir el contorno interno del ángulo principal. Está formado en general de una sola pieza y de dos en los buques de grandes dimensiones.

Hierro de ángulo invertido *D* sección *a a*. Sigue el contorno superior de la varenga de la parte opuesta a la que se encuentra el ángulo principal. Después acompaña a la cuaderna siguiendo su configuración como se ve claramente en la figura 18 y sus secciones. También el ángulo invertido se compone de dos partes simétricas encabezadas en el plano de simetría y unidas con un trozo de hierro de ángulo llamado *contra invertido* y colocado del lado opuesto de la varenga el cual es de 50 a 60 centímetros de largo y debe tener por lo menos dos remaches por parte (fig. 18).

Las extremidades de las varengas se estiran en forma de cuña, a fin de evitar el resalte y para que tanto el ángulo principal como el invertido asienten en forma conveniente. El hierro de ángulo principal tiene dimensiones mayores que el hierro de ángulo invertido, y además sus lados son desiguales, con el mayor dispuesto en el plano de encoramento, y contra el menor se apoya el forro externo. El hierro de ángulo invertido si no tiene lados iguales, tiene el mayor dispuesto longitudinalmente y sobre él se apoya el forro interior.

La unión de estas piezas se hacen con roblones remachados a caliente, dejando la parte remachada saliente y conformada en forma de casquete esférico, mediante una apropiada estampa.

Sobre-quilla central.

Las cuadernas están puestas y conservadas a debida distancia por medio de una pieza dispuesta en el sentido longitudinal llamada sobre-quilla central, la cual desempeña también el cometido de refuerzo longitudinal. En la figura 18 es una sobre-quilla continua sobre las varengas. Consta de una plancha vertical *e*, de dos hierros de ángulo superior *C C*, de una plancha superior horizontal *b* y de dos hierros de ángulo *d d*.

Baos. Los baos están destinados a ligar los dos brazos de cada cuaderna y constituyen también el armazón de las cubiertas. Pueden afectar varias estructuras y las más antiguas comprenden una chapa con nervio con dos angulares en el canto superior como se ve en la figura 19. Los baos en las extremidades tienen dos apéndices en el sentido del peralto, los cuales constituyen las curvas destinadas a ligar el bao con la cuaderna. Los baos están sostenidos por puntales *L* los cuales están formados por barras o tubos cilíndricos munidos de apéndices en sus extremidades con las cuales se fijan a la sobrequilla y a los baos de la cubierta inmediamente superior.

Sobre-quilla de pantoque y lateral. Otros refuerzos longitudinales son las dos sobre-quillas de pantoque *M* o traca de pantoque sistemada donde las varengas empiezan a levantarse y pueden ser de varios tipos En la figura 18 está representado el más simple o sea el formado por dos ángulos unidos entre sí y remachados con roblones a los invertidos y los contra invertidos puestos de la parte opuesta de la varenga, siendo suficientemente largos para recibir tres remaches. De la misma manera puede ser la sobre-quilla lateral *N* situada en posición intermedia entre la sobre-quilla central y la del pantoque. Pueden tener varias formas que se explicarán más adelante.

Listón de refuerzo del costado. En buques de grandes dimensiones existe este refuerzo longitudinal *z* colocado a mitad de distancia entre la traca de pantoque y el puente inmediatamente superior.

Forro exterior. Está constituído por tracas o hiladas de planchas dispuestas en continuidad de proa a popa. Tanto las uniones de las cabezas como las de las costuras se pueden efectuar de varios modos que explicaremos más adelante. El forro exterior debe ser cuidadosamente calafateado. La primera y última hilada de chapas se llaman respectivamente: *cinta* y *aparadura*. Las otras hiladas tienen la misma denominación que en los buques de madera[1].

---

(1) En el punto de mayor curvatura del pantoque se disponen por $1/3$ de la longitud del buque, por cada banda y en el centro del buque las llamadas quillas de balance, cuyo fin es de disminuir los movimientos de balance.

Sobre cada orden de baos y por toda la extensión de la amurada está dispuesta una traca *V* de chapas que constituyen el trancanil y que puede ser formada de varias maneras según pertenezca a la cubierta más alta o a las cubiertas intermedias. En la cubierta más alta a babor y estribor hay formado un canal llamado del trancanil destinado a recibir el agua que se manda fuera del buque por medio de imbornales. **Trancanil.**

Las amuradas pueden ser de dos tipos: 1.º forradas especialmente en los buques de carga que tienen una cubierta baja. 2.º Por medio de una barandilla. (Se darán mejores explicaciones cuando tratemos de la estructura de la obra muerta). **Amuradas.**

Cuando la amurada está forrada se provee a la descarga del agua fuera de la borda mediante puertas rectangulares, similares a las ya descritas en la construcción de madera.

Los baos están unidos entre ellos por medio de hiladas de cuerda que son tracas longitudinales de planchas, unidas a los baos y que corren de proa a popa y se detienen contra los trancaniles. **Cuerdas.**

Sobre los baos se apoyan los tablones que forman la cubierta. Las costuras son calafateadas e impregnadas de resina. Algunas veces y especialmente en los buques de carga la cubierta está formada de planchas que pueden ser o no forradas de madera. Se pueden también tener órdenes de baos sin forro de madera o de hierro. Todas las partes que se quieran hacer estancas se deben calafatear, operación que consiste en recalcar los cantos de las chapas, lo que se efectúa con escoplos especiales que obligan a los cantos a ponerse en contacto perfecto. **Tablazón de cubierta.**

El fondo de la bodega está revestido de tablones que constituyen el forro de la misma *U*; afirmados con tornillos munidos de cabeza, que se introducen en la madera y con la tuerca apretada por debajo del lado longitudinal del invertido. Este forro se extiende hasta la parte superior del pantoque donde se detiene contra un grueso tablón *X* llamado cobertera recortada en correspondencia a las cuadernas, de manera de tocar el forro exterior. Los espacios vacíos que quedan se tapan con cuñas de madera las cuales impiden que la carga caiga a la sentina. **Forro del fondo.**

Cemento hidráulico. El cemento mezclado con arena se dispone con un espesor conveniente (3 o 4 milímetros) sobre el fondo del buque hasta el pantoque, cuidando que la superficie que se cubre no sea grasa ni tampoco oxidada. El cemento se presta muy bien para proteger el hierro de las oxidaciones siendo impermeable al aire y al agua. En las construcciones antiguas se creía suficiente una mano del mismo, lo cual resultó ser una protección no conveniente, especialmente por debajo de los locales de las calderas dondo la temperatura es considerablemente elevada.

Denominación de las cubiertas. El buque puede tener una o más cubiertas. La primera es la cubierta alta En los grandes buques de guerra inmediatamente bajo la cubierta alta está la de batería, más abajo se halla la cubierta de corredor y más abajo aún la cubierta protectriz. Si existe otra cubierta completa o parcial se llama comúnmente *falso sollado.*

En caso de que la artillería de grueso y de medio calibre, estén situadas todas superiormente a la cubierta alta no existe un verdadero puente de batería. En los antiguos buques de guerra de madera, debajo de la cubierta alta, existían una, dos o tres baterías las cuales se llamaban 1.ª batería (la más baja), 2.ª batería y 3.ª batería. Debajo del puente de corredor existía otra cubierta que dividía los locales de la bodega y se llamaba *cubiertita.*

Los números de cubiertas servían para distinguir los varios tipos buques: navíos, fragatas y corbetas. Los navíos tenían por lo menos dos baterías cubiertas y una sobre la cubierta alta; las fragatas una sola batería cubierta y una sobre la cubierta alta; las corbetas tenían sólo una batería cubierta, más dos o cuatro cañones en la cubierta alta.

En los buques mercantes (fig. 21) inferiormente a la cubierta alta se encuentra la cubierta principal o segunda cubierta, después sigue la inferior o tercera, después el sollado o cuarta, y luego el falso sollado inferior o quinta cubierta.

Castillos, Puentes, Cubiertas, Carrozas. Sobre la cubierta alta (fig. 22) existen en muchos buques extructuras importantes que abrazan el buque de una a otra banda formadas con el prolongamiento de las amuras, las cuales se llaman *castillo* si está a proa; *puente cubierto central* si está en el centro; y *puente cubierto de popa* si está a popa. El puente cubierto central puede con-

tener el puente de paseo, el puente de botes y el puente de mando. Las otras extructuras se llaman genéricamente carrozas. Los ingleses llaman *forecsetle* o castillo el alojamiento del equipaje, cualquiera sea el paraje donde esté situado.

Mamparos estancos, puertas estancas.

En la misma forma que la división longitudinal del buque se hace por medio de cubiertas, la división vertical se hace por medio de mamparos, formados por planchas remachadas entre ellas y reforzadas por hierros de ángulo. Los mamparos además de dividir los locales destinados a varios servicios, tienen por fin fraccionar la capacidad interior del buque de manera que en caso de inundación el agua no pueda pasar desde el local inundado a los locales adyacentes. Por esta razón los mamparos están siempre calafateados para ser impermeables al agua y tomar así el nombre de estancos. Pueden ellos ser longitudinales y transversales. Los pasajes practicados en los mamparos estancos están munidos de puertas que se pueden cerrar rápicamente en caso de necesidad, para no permitir que el agua pase a los otros compartimentos. Estas son llamadas *puertas estancas*. Los mamparos estancos constituyen también un importante refuerzo de la estructura del casco; los transversales aseguran muy bien la invariabilidad de la forma del casco; y los longitudinales contribuyen a aumentar la resistencia contra los esfuerzos que tienden a doblar el buque en el sentido de su longitud.

Doble fondo (fig. 22).

Todos los grandes buques y muchos de los chicos están munidos de *doble fondo*. Este está formado por un revestimiento o forro interior aplicado sobre las cuadernas de la parte opuesta a la que está aplicado el forro exterior; las varengas en ese caso están muy altas, de manera que entre los forros queda un espacio bastante alto dividido en sentido transversal y en pequeños compartimentos por las mismas cuadernas y en el sentido longitudinal por una estructura en el mismo sentido.

El doble fondo tiene por objeto: 1.º seguridad del buque, porque en caso de una avería en el forro exterior los locales de la bodega no están en comunicación con el agua; 2.º regular el arreglo sea longitudinal como transversal del buque, porque los varios compartimentos se pueden fácilmente llenar de agua y vaciarlos; ventaja, esta, importan-

tísima para los buques de guerra los cuales durante una acción de guerra pueden encontranse en situación de tener algún local inundado a causa de las averías sufridas y hallarse en condiciones de no poder servirse de sus armas y tampoco de poder navegar con seguridad; 3.º aumenta considerablemente la resistencia del casco. En los buques mercantes el doble fondo sirve también como un medio fácil para lastrarlos, llenándolos de agua o sea lo que comúnmente se llama hacer *lastre de agua.*

Dimensiones principales del buque.—Eslora.—Manga.—Puntal.—Calado (fig. 23)

Eslora. Se llama *eslora* de un buque su longitud, la cual según a que punto se refiere se llama *eslora máxima* o *eslora entre perpendiculares.*

Se llama eslora máxima la longitud del buque comprendida entre los puntos más salientes de la proa y de la popa en la cubierta alta.

La eslora entre perpendiculares es la longitud entre las perpendiculares del buque llamándose así, las dos líneas rectas llevadas por los puntos que limitan la carena, (con carga completa) a las extremidades proel y popel.

Se llama perpendicular de proa la que está a proa; y perpendicular de popa, la que está a popa. La perpendicular de popa pasa por el punto en el cual el plano de flotación encuentra al eje del timón; la perpendicular de proa pasa por el punto en el cual el mismo plano encuentra en el plano diametral, la cara exterior de la roda de proa. La figura 23 representa cómo están llevadas las perpendiculares en diversas formas de proas y popas.

Manga (fig. 24). Se llama manga la latitud del buque medida en la sección maestra. Si se mide en la línea de flotación se llama manga de flotación. Esta puede ser de fuera del forro (o fuera coraza) o manga fuera cuadernas según los puntos por los cuales se mide. La primera es tomada por fuera del forro exterior, la segunda por dentro del forro exterior, o sea de fuera a fuera de las cuadernas.

Se entiende por manga máxima fuera del forro o fuera coraza, y manga máxima fuera de las cuadernas, aquella que se toma en la sección maestra independientemente de

la lattiud en la línea de flotación. Esta manga máxima puede corresponder a puntos colocados sea sobre, o debajo del plano de flotación, según la forma de la carena y de las amuradas.

La línea recta que representa sobre el plano longitudinal la intersección del plano diametral con el plano que pasa por el canto superior del alefriz en los buques de madera y que por consiguiente representa el límite inferior de la carena se llama linea de construcción (fig. 25). **Linea de construcción.**

En los buques de hierro el límite inferior de la carena corresponde al canto superior de la quilla y por consiguiente la línea recta que pasa por ese punto es la línea de construcción (fig. 25).

El calado de un buque es la distancia vertical entre el plano de flotación y el canto inferior de la quilla. Si esta distancia es constante, se dice que el buque está sin diferencia de calado, si es diferente en las dos extremidades del casco, se dice que tiene diferencia de calado. **Calado** (fig. 24).

El calado medio de un buque es aquel que corresponde a la mitad de la eslora entre perpendiculares y es la media aritmética de las medidas tomadas en las extremidades del buque.

Sobre la proa y la popa y, algunas veces, en el medio de la eslora del buque, se usa indicar con escala las alturas verticales de diferentes puntos desde la parte baja de la quilla. **Escala de los calados** (fig. 26).

Las numeraciones están expresadas en decímetros en los buques de las naciones que adoptan el sistema decimal. Las cifras tienen una altura de diez centímetros y cada número indica la inmersión correspondiente a su canto inferior y la distancia entre el canto superior de una cifra y el del inferior de la cifra siguiente es también de diez centímetros. En todos los buqurs ingleses y en muchos de otras naciones, las medidas están expresadas en piés ingleses.

Los baos tienen una curvatura de babor a estribor con su concavidad hacia abajo la cual es regular y simétrica respecto de su centro. La línea recta del bao es la que une los dos puntos de encuentro del canto superior de un bao con el canto exterior de la correspondiente cuaderna **Linea recta del bao.—Vuelta del bao** (fig. 24).

o sea la que une los extremos del canto superior del bao. La flecha vertical tomada desde el medio de dicha recta al canto superior del bao, se llama *vuelta del bao.*

Puntal (fig. 24). La distancia tomada en el medio, desde la línea de construcción a la línea recta del correspondiente bao de la cubierta alta, se llama *puntal* y constituye la altura del cásco.

Se mide en la cuaderna maestra, desde el canto superior de la quilla, hasta la línea recta del bao correspondiente de la cubierta superior, o de la principal en los buques de spardear o de cubierta de abrigo.

Por extensión, se designa con esta denominación toda altura o distancia vertical, comprendida entre dos cubiertas, o entre el piso y el techo de un compartimento cualquiera; con este concepto se dice puntal de bodega, puntal de entre-puente, puntal de la cámara, etc.

Como piezas integrantes del casco se llaman también puntal unos piés derechos que impiden las flexiones de la cubierta, como hemos dicho anteriormente.

El peso total del buque es igual (como hemos dicho) al peso del volumen de agua que desaloja y se llama *desplazamiento.* Si se indica con D el desplazamiento y con V el volumen de la carena expresada en metros cúbicos, el desplazamiento del buque, si navega en aguas de mar (la densidad de la cual es 1·026), será: $D=V\times1{\cdot}026$. Si navega en agua dulce será: $D=V\times1$, por ser 1 la densidad del agua dulce. Si el desplazamiento está expresado en toneladas inglesas, es necesario recordar que esa unidad de peso corresponde a 1.016 kilogramos.

Si desde el agua de mar el buque pasa al agua dulce sin cambiar su peso total deberá necesariamente aumentar su calado por la menor densidad de esta última.

Conviene recordar que el tonelaje de desplazamiento de un buque es muy diferente del de arqueo, el cual será tratado a su tiempo, siendo ella una medida convencional para las bodegas y de las superstructuras.

Relaciones importantes entre las dimensiones principales. Las relaciones más importantes entre las dimensiones principales de un buque son:

Entre la eslcra y la manga considerada entre perpendiculares. Entre el calado y la manga. Entre la superficie sumergida de la cuaderna maestra y el rectángulo a ella circunscripto. Entre la superficie del plano de flotación y

y aquella del rectángulo a ella circunscripto. Entre el volumen de la carena y el paralelepípedo a ella circunscripto. Entre el puntal y la eslora considerando ésta entre perpendiculares.

La más importante de estas relaciones es la de la eslora y la manga. Mayor es ésta, más afinadas serán las formas del buque y más adaptados para una velocidad horaria muy elevada. Pero si esta relación no es tan grande, la menor eslora del casco contribuye a la mayor facilidad de flotación.

Esta relación, por consiguiente, tiene diferentes valores según el tipo del buque y el fin a que se debe destinar. En los modernos buques para pasajeros aquella relación varía entre 9 y 11, y entre 8 y 9 en los buques de carga, entre 4 y 6 en los buque de vela. En los buques de guerra, especiales exigencias no permiten grandes relaciones entre sus dimensiones, como en los buques mercantes y en los acorazados ella está comprendida entre 5 y 6; en los cruceros entre 6 y 7, y llegando a 9 en los buques pequeños.

La relación de la carena y el paralelepípedo a ella circunscripto es muy importante porque tiene en cuenta la afinación de las formas de la carena. Esta relación se llama coeficiente de fineza. Si L es la eslora entre perpendiculares, M la manga fuera del forro, P el calado medio, el coeficiente de fineza será dado por:

$$\Sigma = \frac{V}{L\ M\ P}$$

Coeficiente de fineza.

Buques de vela . . .	desde	0.80	a	0.60
» rápidos . . .	»	0.44	»	0.48
» de carga . . .	»	0.60	»	0.65
» para regatas . .	»	0.22	»	0.30
Acorazado moderno . .	»	0.60	»	0.65
Crucero	»	0.45	»	0.50

y aquella del rectángulo a ella circunscripto. Entre el volumen de la carena y el paralelepípedo a ella circunscripto. Entre el puntal y la eslora considerando ésta entre perpendiculares.

La más importante de estas relaciones es la de la eslora y la manga. Mayor es ésta, más afinadas serán las formas del buque y más adaptados para una velocidad horaria muy elevada. Pero si esta relación no es tan grande, la menor eslora del casco contribuye a la mayor facilidad de flotación.

Esta relación, por consiguiente, tiene diferentes valores según el tipo del buque y el fin á que se debe destinar.

En los modernos buques para pasajeros aquella relación varía entre 9 y 11, y entre 8 y 9 en los buques de carga, entre 4 y 6 en los buque de vela. En los buques de guerra, especiales exigencias no permiten grandes relaciones entre sus dimensiones, como en los buques mercantes y en los acorazados ella está comprendida entre 5 y 6; en los cruceros entre 6 y 7, y llegando a 9 en los buques pequeños.

La relación de la carena y el paralelepípedo a ella circunscripto es muy importante porque tiene en cuenta la afinación de las formas de la carena. Esta relación se llama coeficiente de fineza. Si L es la eslora entre perpendiculares, M la manga fuera del forro, P el calado medio, el coeficiente de fineza será dado por:

$$\frac{V}{L\ M\ P} = Z$$

Coeficiente de fineza.

Buques de vela . . .	desde	0.50 a 0.60
» rápidos	»	0.44 » 0.48
» de carga . . .	»	0.60 » 0.65
» para regatas . .	»	0.22 » 0.30
Acorazado moderno . .	»	0.60 » 0.65
Crucero.	»	0.45 » 0.50

CAPÍTULO III

Institutos para la Clasificación y Construcción de los buques.

Durante el curso de construcción naval tendremos que mencionar muchas veces estas sociedades por lo que es necesario que se dé una explicación de ellas.

Hacia la mitad del siglo XVIII algunos aseguradores de buques mercantes que concurrían al café del señor Eduardo Lloyd en Londres, convinieron en comunicarse todas aquellas informaciones sobre la solidez y calidad, que cada uno pudiera obtener, de los buques mercantes, para poder apreciar los riesgos que podría ofrecer en cada caso el seguro del buque y de la carga.

Se formó una primera lista de buques, en la que cada uno de ellos tenía una indicación simbólica y más tarde esa lista tomó la forma de un verdadero registro, reservado a los socios, registro que tuvo su primera publicación el año 1764. De tal manera fué formada la primera Asociación para la clasificación de buques mercantes y por haber tenido ella su origen en el café del señor Lloyd, se le dió el nombre de Lloyd Register of British and Foreing Shipping.

Desde aquella época la sociedad ha sufrido muchas modificaciones aumentando cada día su importancia y actualmente está formada por un comité de armadores, constructores y aseguradores residentes en Londres. Tiene representantes, agentes y peritos en todas partes del mundo y publica anualmente un registro conteniendo una municiosa descripción de todos los navíos que en él figuran con las indicaciones de la clase asignada a cada buque y la fecha de la última inspección, en la cual su estado de conservación se ha reconocido satisfactorio. La inscripción en una de las distintas clases tiene término señalado que puede ser reducido si en las inspecciones periódicas los agentes del Lloyd, reconocieran la necesidad de ella y también puede ser prolongada, a pedido de los armadores, cuando el buque se encuentre en buenas condiciones.

El Lloyd Register que por los estudios hechos y por las

experiencias adquiridas en un número muy grande de buques, está habilitado para apreciar las condiciones que en ellos son necesarias para que ofrezcan las mayores garantías de solidez y de resistencia; publica un libro conteniendo todas las reglas que deben ser observadas en la construcción de buques de madera, mixtos, y de hierro o acero, tanto para el comercio como para recreo, y para que ellos puedan ser inscriptos en la clase más alta del Registro. La vigilancia de estas sociedades se ejercita no sólo en los astilleros y en los puertos para la construcción y alistamiento de buques sino también en los establecimientos metalúrgicos y mecánicos que proveen el hierro y acero para los cascos y para las máquinas, y también en aquellos que construyen los aparatos motores.

Todo buque que deba ser clasificado por el Lloyd Register además de tener que ser construido bajo las reglamentaciones exigidas, debe ser vigilada su construcción y ser sometido a visitas periódicas; y según el resultado de ellas puede continuar conservándose en aquella clase o ser inscripto en una clase inferior. Indicaciones especiales distinguen la clase de determinado buque, tomando en consideración separadamente las condiciones del casco del aparato motor si lo tiene, la de los accesorios y del armamento. La indicación por ejemplo 100 A. 1, del Lloyd representa un buque de hierro o de acero el cual reune las mejores condiciones tanto en el material como en la extructura, mientras que la indicación 90 A. 1, indica un buque en el cual alguna parte de la extructura es deficiente o que alguna reparación no ha sido efectuada debidamente, o también que los accesorios dejan algo que desear por la bondad y las dimensiones. Un buque cuya característica o referencia no sea muy alta en el Lloyd además de pagar una prima más elevada para su propio seguro, encontrará dificultades para ser fletado cuando se tratara de carga especial.

Bajo todo punto de vista conviene que un buque sea inscripto en la clase más alta y por consiguiente para obtenerla deben seguirse en la construcción, las reglas establecidas por el Lloyd Register.

Las dimensiones establecidas para las varias piezas que forman la extructura de los cascos se refieren a especiales módulos longitudinales o transversales, según se trate de piezas dispuestas en el sentido longitudinal o transversal.

El módulo longitudinal es el número que establece las dimensiones de la quilla, del codaste, de la roda, del forro, etc., etc.: el que se obtiene con el producto de la eslora por la manga y por el puntal, (salvo casos especiales) tomando para la eslora aquella medida sobre los baos del puente superior entre la cara popel de la roda, y la proel del codaste; para la manga, la máxima del casco fuera de las cuadernas; y para el puntal, el correspondiente al medio, y medido desde la cara superior de la quilla, (supuesta maciza) a la línea recta del bao del puente superior. El módulo transversal es el número que establece las dimensiones de las cuadernas, de las varengas, etc. y que se obtiene con la suma de la manga y el desarrollo de la cuaderna maestra a excepción de casos especiales, tomando por manga la ya nombrada y por desarrollo de la cuaderna maestra la longitud del canto externo de la cuaderna, medida desde un trancanil al otro (cubierta superior). Los Registros modernos entre ellos el Registro Nacional Italiano establecen las dimensiones de los materiales con relación a la eslora, manga y puntal medida como anteriormente se expresa, sin tener en cuenta los módulos ya citados.

Después del Lloyd Register muchas otras Sociedades se han constituído con el mismo fin, en Inglaterra y en otras naciones, las principales de ellas son las siguientes: The British Corporatión of Glasgow; Bureau Veritas; Germanischen Lloyd en Alemania Registro Italiano Nacionale, en Italia. Las reglamentaciones de estas instituciones en general no difieren sustancialmente de la del Lloyd Register, que ha dado origen a éstos, y que queda siempre siendo la más importante pues tiene en sus Registros casi la mitad de todos los navíos mercantes del mundo.

Está en la facultad del armador el no inscribir sus buques en ningún Registro y el no observar ninguna regla por ellos establecida en la construcción. En tal caso sin embargo renunciará a gran parte del valor comercial del buque, privándolo de las garantías que da la sociedad con las indicaciones del grado de confianza que él merece, sea por el estado del casco así como la del aparato motor, si lo tiene y el del aparejo y accesorios.

La construcción de los buques de guerra no se basa en ningún Registro de Clasificación, sino en cálculos especiales, los cuales explicaremos en un capítulo separado en el segundo tomo.

CAPÍTULO IV

Arqueo de Buques

La capacidad de carga de un buque está representada por la diferencia entre el peso del volumen de agua desalojado por la carena, cuando el buque tiene la máxima carga que le está permitida y el peso del buque cuando está completamente listo para hacerse a la mar sin carga.

Ahora, para los buques de guerra tal diferencia puede ser y es rigurosamente obtenida, pero no es posible apreciarla con los buques mercantes en los cuales el plano de flotación asi como el correspondiente desplazamiento son excesivamente variables, dependiendo tales elementos de la calidad de la carga, del volumen que ésta puede ocupar y del modo de estibarla a bordo. Por otra parte los buques mercantes están sujetos a pagar derechos aduaneros, impuestos de navegación, de fondeaderos, primas de seguro, etc., etc., los cuales para ser establecidos con equidad deben tener referencia con el valor comercial del buque, que a su vez es una función de la capacidad de carga. Era entonces indispensable recabar este elemento, tan importante para los armadores y para el erario de las diversas naciones; no ya sobre la diferencia entre el peso del buque cargado y el del buque descargado, juzgados no por los relativos desplazamientoss, sino sobre el volumen interno que puede ser ocupado por las mercaderías, cualquiera sea su especie de lo que resulta por consecuencia la necesidad de establecer para todos los buques una unidad convencional destinada a medir el volumen, unidad que fué denominada *tonelada de Arqueo* la cual no debe confundirse con la tonelada de desplazamiento, representando ésta una unidad de peso y la otra una unidad de volumen señalada y propuesta por convención. La suma de las toneladas de arqueo es lo que se llama tonelaje de un buque, y éste representa la cantidad convencional de mercaderías que la nave es capaz de transportar. Con arreglo a tal tonelaje y con algunas

deducciones concedidas, se acostumbra a confeccionar las estadísticas sobre las cuales se efectúan todas las transacciones que pueden referirse al buque, como ser: aplicación de aforos, inscripción de hipotecas, contrato de venta, flete, etc. La más antigua regla de arqueo fué la confeccionada por Colbert en el año 1681 en Francia, bajo el nombre de *Ordenance de la Marine,* con la cual se buscaba establecer una relación, que en realidad no existe, entre el volumen o capacidad interna y el peso que el buque puede transportar. En Inglaterra, desde el año 1772 hasta el 1836, estuvo en vigencia la regla conocida con el título *Builders old Measument* (B. O. M.), que consistía en multiplicar la eslora por la manga y esto por la mitad de la manga. El producto se dividía por 94.

Tanto la regla Francesa como la Inglesa, sufrieron diversas modificaciones pero a pesar de ellas no se vieron libres de la crítica de los armadores los cuales se mostraban descontentos por el modo arbitrario como venían aplicadas. Muchas tentativas se hicieron para mejorar las reglas establecidas, pero por largo tiempo han continuado en vigencia, hasta que se creó un sistema Internacional, como consecuencia de la apertura a la navegación del canal de Suez. En el año 1873 en el congreso de los delegados de las naciones que se reunió en Constantinopla se estableció una base única para el arqueo de buques, adoptando, con algunas variaciones, la regla de Moorson que fué llamada *Regla Internacional de Arqueo.* Esta regla fué también puesta en vigencia en la República Argentina por decreto del 22 de Abril de 1876 para arquear las naves nacionales tanto a vela como a vapor. También las autoridades marítimas de nuestra República, el 5 de Enero de 1878 dispusieron que fuera adoptado el reglamento Argentino, hasta que se formulara un proyecto de reglas de arqueo propio.

Las normas establecidas en el Congreso de Constantinopla sufrieron otras modificaciones en virtud del Merchant Shipping Act del año 1894, modificaciones introducidas para hacer más exactas las medidas y las reducciones que deben hacerse y que fueron declaradas obligatorias para las naves de todas las naciones marítimas. Nosotros hasta ahora hemos adoptado el viejo sistema, pero habiendo nuestra Marina Mercante adquirido cierto dominio comercial en los mares y ríos merced al poderoso impulso de vitalidad y de

progreso dado por nuestro gobierno, es conveniente introducir en nuestro reglamento todas las modificaciones necesarias para colocar la Marina Nacional al nivel de la de otras Naciones. Para contribuir a este ideal he tenido el honor de presentar a las autoridades marítimas un proyecto para el arqueo fundado en las leyes del Merchant Shipping Act del año 1894 y el cual podría servir como Reglamento para el país y subsanaría faltas y deficiencias de que adolece el Reglamento actual.

Arqueo según la Regla de Moorsom.

Según el Reglamento de Arqueo de cada nación está establecido que todos los buques nacionales o extrangeros que se embanderen en una de éstas, será arqueado en los puertos del Estado, midiendo los espacios cerrados que contengan y estableciendo como unidad de medida, o tonelada de arqueo, un volumen de dos metros cúbicos con ochocientos treinta y dos decímetros cúbicos ($m.^3$ 2'832) equivalente a cien pies cúbicos ingleses. Todas las medidas necesarias para determinar el arqueo serán expresadas en metros y fracciones de metro, hasta la segunda cifra decimal corregida o sea despreciando las fracciones de centímetro si son inferiores a la unidad, y contándolas por un centímetro, si son iguales o superiores. Se llama Tonelaje Total de Registro la capacidad en toneladas de los espacios cerrados, obtenida según una de las tres reglas siuuientes:

Regla I.—Para aplicarse a los buques sin carga con cubierta.

Regla II.—Para aplicarse a los buques con carga y con cubierta y en general en los casos que no se pueda aplicar la primera.

Regla III.—Para aplicarse a los buques sin carga y sin cubierta. Deduciendo del tonelaje total la capacidad de algunos espacios cerrados, según determinadas normas, se obtendrá el tonelaje neto. Ningún espacio deberá ser descontado sin antes estar comprendido en el tonelaje total.

Regla I.

Todos los espacios que contenga un buque se considerarán divididos en tres clases para la aplicación de estas reglas. La primera comprende el espacio que se halla bajo la cubierta de arqueo, al cual se da el nombre de *volumen principal*. La segunda, los espacios comprendidos entre la cubierta de arqueo y la superior que se denomina *volumen*

de entre-puente. La tercera, los espacios que existen sobre la cubierta superior cuyo volumen se denomina *volumen de los espacios sobre cubierta*. En los buques que tengan una o dos cubiertas se considerará como cubierta de arqueo la superior. En los buques con más de dos cubiertas se entiende por cubierta de arqueo la segunda empezando de la bodega. El puente acorazado de un buque de guerra no será considerado como cubierta a los efectos de este artículo. Para determinar el volumen comprendido bajo la cubierta de arqueo se procede de la manera siguiente: se mide la eslora sobre la parte superior de la cubierta de arqueo de los dos lados interiores de dentro a dentro del forro interior, (fig. 1) de esta medida se deducirá el lanzamiento de la roda comprendido en el espesor de las tablas de la cubierta y el lanzamiento de popa, sobre una altura igual al espesor de la misma tablazón más la tercera parte de la vuelta del bao en este sitio. Dicha eslora se dividirá en un número de partes iguales según se expresa a continuación:

Clase 1.ª — En buque cuya eslora es inferior a 15. 24 metros, en 4 partes.

Clase 2.ª—De más de 15. 24 metros a 36. 58 en 6 partes.
» 3.ª » » » 36 58 » » 54. 86 » 8 »
» 4.ª » » « 54. 86 » » 68. 58 » 10 »
» 5.ª » » » 68. 58 » en 12 partes.

Para los buques con doble fondo interrumpido e incompleto la longitud se dividirá primeramente en correspondencia con los puntos de discontinuidad y cada una de las distancias resultantes, se dividirá en el número de partes iguales que está establecida en la precedente tabla, según la correspondiente eslora. En el caso de doble fondo continuo, pero de altura no uniforme los puntos en que varíe la altura deberán tomarse por puntos de división, como si el doble fondo fuese discontinuo y cada distancia se medirá separadamente del modo precedentemente establecido. Las divisiones se marcarán con los números 1, 2, 3, 4, 5, etc., que indicarán los puntos por donde deberán pasar las secciones transversales que se considerarán dadas al buque, marcándola con el número 1, el extremo de la longitud en el límite de proa, con el número 2 el primer punto de división, con el número 3 el segundo y asi sucesivamente de modo que el último número quede en el límite de la longitud a popa. En cada una de estas secciones se medirá el

Puntal o altura desde un punto marcado en la tercera parte del bao por debajo del canto superior del mismo hasta la bragada (cara superior de la varenga fig. 2) al lado de la sobre-quilla, descontando de esta altura el espesor normal del forro de la bodega.

Cada uno de los puntales se dividirá en cuatro partes iguales cuando el correspondiente a las divisiones centrales no exceda de metros 4. 88 y en seis cuando excediese y cuyas divisiones se marcarán con los números 1, 2, 3, etc., dando el número 1 al extremo superior; el 2 a la primera división; el 3 a la segunda y así sucesivamente de modo que el último número señale el extremo inferior. Por los puntos de división de cada puntal considerado, se medirán las mangas del buque de dentro a dentro del forro interior (fig. 2) distinguiéndose por la numeración indicada.

Verificadas las mediciones, en la forma ya dicha, se sumarán las mangas superior e inferior de cada puntal multiplicados por la unidad con el cuádruple de las mangas pares y el duplo de las impares excepto la primera y la última, de modo que cuando el puntal central sea de 4. 88 metros inclusive para abajo habrán de multiplicarse las mangas de todos ellos así:

Por 1 las marcadas con los números 1 y 5 (puntos extremos); por 4 las marcadas con los números 2 y 4; por 2 las marcadas con los números 3.

Y cuando la altura de cada puntal central exceda de 5 metros así:

Por 1 la de los números 1, y 7 (puntos extremos); por 4 las señaladas con el número 2, 4 y 6; por 2 las señaladas con el número 3 y 5.

La suma total de los produtos en cada sección se multiplicará por la tercera parte del intervalo común o separación entre los puntos de división del puntal, y el produto, representará el área de la sección. Si en los puntos extremos de la eslora fueran apreciables los puntales, lo cual no sucederá en buques de formas regulares, se hallarán la áreas correspondientes, en la forma indicada para los demás. Las áreas de las secciones marcadas con los números 1 en el extremo de la longitud de proa: el número 2 en la primera división: el 3 en la segunda y así sucesivamente, se multiplicará por 1 y la primera y última área, si las hubiera por 4, las áreas marcadas con los números pares y por 2 las marcadas con números impares exceptua-

da la primera y última. La suma de estos productos multiplicada por la tercera parte de la distancia de cada sección o sea por el intervalo común entre las áreas, dará el volumen en metros cúbicos, el cual se reducirá a toneladas de arqueo dividiéndola por 2.832.

Como se ve, en el procedimiento para calcular el volumen interior, se aplica la fórmula de Simpson, o sea que, llamando con x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, las mangas tomadas a cada punto de división del puntal (menor de 4.88 metros en este caso) y con *a* la distancia común entre estos puntos el área S_1 de la sección transversal interna considerada, será dada por:

$$S_1 = \frac{1}{3} a (x_1 + 4 x_2 + 2 x_3 + 4 x_4 + x_5)$$

del mismo modo se tendrá el área de la sección consecutiva o sea:

$$S_2 = a' (x'_1 + 4 x'_2 + 2 x'_3 + 4 x'_4 + x'_5)$$

y así sucesivamente para las otras secciones S_3 S_4 y señalando con *V* el volumen interior bajo la cubierta de arqueo y con *b* la distancia constante entre las secciones transversales ya medidas aplicando el mismo método de Simpson se obtendrá:

$$V = \frac{1}{3} b (S_1 + 4 S_2 + 2 S_3 + 4 S_4 + \ldots 4 S_{n-1} + S_n)$$

suponiendo que las secciones sean *n* comprendidos los extremos. Para arquear los espacios comprendidos entre la cubierta de arqueo y la superior en los buques que tengan más de dos cubiertas, se procederá al de cada entrepuente, por separado, de la manera siguiente:

1.° Se medirá la eslora a la mitad de la altura del entrepuente desde el forro interior de la roda, hasta el interior de la popa, cuya longitud se dividirá en tantas partes iguales como la hubiese sido dividida la de la cubierta de arqueo; 2.° en cada uno de estos puntos de división, así como en los puntos extremos, se medirá la manga a la mitad de la altura de los puntales correspondientes marcándola con los números 1, 2, 3, etc., empezando por el extremo de proa; 3.° se multiplicarán por 1 la primera y última; por cuatro, las señaladas con números pares; y por

dos, las impares exceptuando la primera y la última. La suma de todos estos productos multiplicada por la tercera parte de la distancia entre la manga, se considerará como el área media horizontal del entrepuente y multiplicada ésta por el puntal medio, medido desde la parte superior de la cubierta inferior a la cara inferior de la cubierta superior, dará el volumen en metros cúbicos el cual dividido por 2.83 representará las toneladas de arqueo del entrepuente. De la misma manera se procederá con cada uno de los entrepuentes que existan. Todos los espacios cerrados que se hallen sobre la cubierta superior se arquearán cada uno por separado de la manera siguiente: se medirá en el interior la longitud media de cada compartimento y se dividirá en dos partes iguales. En los puntos extremos y medios de dicha longitud se medirán las mangas o anchos inferiores a la mitad de la altura del compartimento (fig. 3). A la suma de las mangas extremas se señalará el cuádruplo de la media o central y multiplicando este resultado por la tercera parte de la distancia entre las mangas o sea por la sexta parte de la longitud total, se obtendrá el área media horizontal del compartimento. Se medirá la altura media de éste, (fig. 3) la cual multiplicada por el área media, representa el volumen en metros cúbicos de dicho compartimento y dividido por 2.832 se tendrá el tonelaje. En los buques sin cubierta la eslora se toma y se divide como si hubiera una cubierta.

Regla II.

El arqueo de una embarcación por esta regla se divide en tres partes.

La primera comprende todos los espacios que se hallan bajo la cubierta superior, y la segunda todos los que se hallan, cerrados sobre las mismas. Para determinar el arqueo bajo la cubierta superior se procede en la forma siguiente:

Se mide la eslora de la embarcación sobre la cubierta superior, desde la cara popel de la roda hasta la cara popel del codaste, de cuya medida se descuenta la distancia de los lanzamientos en esos dos puntos. Se mide igualmente la manga del buque en cubierta de fuera a fuera del forro. Se señalan en los dos costados en una misma perpendicular el plano diametral que pasa por el sitio de la mayor manga, los cantos superiores de la cubierta alta. Se hace pasar bajo la quilla una cadena, de una a otra señal

y se mide el largo de esta cadena. Obtenidas dichas medidas se suman la manga y el contorno exterior dado por la cadena, de esta suma se toma la mitad, se eleva al cuadrado, y el resultado se multiplica por la eslora y después por el factor 0.18 si los buques son de cascos, de hierro, o por el factor 0.17 si los buques son de madera, o de construcción mixta. En ambos casos el resultado obtenido se divide por 2.832 para tener el tonelaje. Los espacios cerrados y cubiertos que existiesen sobre la cubierta superior se arquearán como se establece por la Regla I.

Descuentos que deben hacerse al tonelaje total para obtener el neto.

El procedimiento descripto es el usado por todas las marinas para determinar el tonelaje total, pero para las deducciones cada una hace conceciones especiales, por lo que nosotros indicaremos los descuentos que se hacen al tonelaje total, según el Reglamanto en vigencia en nuestra República.

1.º Los espacios destinados exclusivamente al alojamiento de la tripulación.

2.º Los ocupados por la cocina y depósitos para uso exclusivo de la dotación del buque.

3.º Todos los espacios cerrados que hubiesen en la cubierta superior para el servicio de la rueda del timón, maniobras de las anclas y uso de cartas cronométricas, y demás objetos necesarios para la navegación. La cubicación de estos espacios se efectuará por el mismo procedimiento que se ha indicado para los espacios cerrados sobre la cubierta superior. El descuento por todos estos espacios no podrá exceder del 5 % del tonelaje total. En los buques de vapor o movidos por cualquier otro agente mecánico se descontará del tonelaje total para obtener el neto.

1.º Los mismos espacios ya indicados para los buques de vela, y con la misma limitación del 5 % para el tonelaje total.

2.º Los espacios ocupados por las máquinas entendiendo en esta determinación los ocupados propiamente por éstas y por sus calderas, añadiendo en los de hélice el túnel del eje, y en los entrepuentes y construcciones cerradas situadas en la cubierta superior, el guarda calor de la chimenea, los espacios reservados para proporcionar luz y ventilación a las cámaras de las máquinas y calderas, y todo lo necesario para la marcha y servicio de las mismas.

3.º Los espacios ocupados por las carboneras.

Los descuentos por máquinas y calderas no podrán ex-

ceder del 50 % del tonelaje total. Se exceptúa de esta regla los buques destinados al servicio exclusivo de remolques a los cuales se les descontará la totalidad del espacio ocupado por máquinas y carboneras aunque exceda del dicho 50 % del tonelaje total. Los espacios indicados en el parágrafo 1.º se cubican como los cerrados ya nombrados. El arqueo de los espacios ocupados por las máquinas se efectuará de la manera siguiente: se mide el puntal medio del espacio ocupado por las máquinas desde el canto alto del bao de la cubierta que existe inmediatamente sobre ella, hasta la parte alta del forro de la bodega al lado de la sobre-quilla, se mide la manga media a la mitad de la altura, y finalmente se mide la eslora media de este mismo espacio, entendiéndose que tanto la manga como la eslora deben serlo sólo del espacio extrictamente necesario para el movimiento y servicio de la máquina.

Se multiplican entre sí estas tres dimensiones y el producto será el volumen ocupado por la máquina propiamente dicha. De la misma manera se encuentran los volúmenes ocupados por las calderas, tomando los puntales, mangas y esloras medios de los espacios necesarios para su uso y servicio.

En los buques de hélice el volumen interior del túnel se obtiene multiplicando entre sí el largo, ancho y alto medios. De la misma se obtiene el volumen en los entrepuentes y en las construcciones cubiertas sobre el puente superior, de los espacios destinados al guarda calor de la chimenea, de los destinados a dar luz y ventilación a las cámaras de las máquinas y calderas, y de los espacios, si los hubiere, necesarios al movimiento y uso de las máquinas y calderas.

La suma de estos volúmenes representa el espacio ocupado por las máquinas que dividido por 2.832 dará las toneladas de arqueo que deben descontarse por este concepto. El tonelaje de las carboneras para el descuento se computa en un 50 o un 75 % del de las máquinas, según sean éstos de ruedas o hélice respectivamente.

Regla III.

Las bucetas, las lanchas automóviles, pescadoras y otras que no tengan cubierta completa, serán arqueadas del modo siguiente: la eslora se medirá desde el interior de la orilla al lado de la roda, hasta el mismo punto a popa o hasta el borde interior del espejo de popa, si la embarcación tiene popa cuadrada.

La manga, se medirá en la cuaderna maestra interiormente a las orillas superiores. El puntal se medirá en la cuaderna maestra mediante una recta tirada de las orillas superiores hasta la cara superior de la varenga, deduciendo el espesor medio del forro. El producto de estas tres dimensiones, dividido por 4 dará el arqueo total.

Nuestras Autoridades Marítimas expiden a los armadores un certificado modelo N.º 1 y N.º 3 según se trate de buques con cubiertas o de embarcaciones de pequeño tonelael cual hará fé en todos los casos que sea necesario acreditar el tonelaje legal del buque. Las planillas de arqueo modelo N.º 2 y 4 están compiladas por el arqueador oficial y archivadas en la Capitanía General de Puertos.

Arqueo de los buques de guerra.

El arqueo de los buques de guerra no tiene la importancia de la que existe en la mercantes, sin embargo es conveniente como se hace en muchas armadas que los buques de guerra tengan un certificado de arqueo, para poder pagar los correspondientes derechos en los puertos extrangeros, en los diques secos y flotantes, y en los canales.

En el lenguaje corriente los comerciantes Marítimos acostumbran indicar el tamaño del buque en relación con el tonelaje, y no en relación a un desplazamiento con carga completa, algunas veces se deduce del tonelaje la aptitud comercial del buque avaluada mediante el porte en peso, y otras veces se confunde su porte en peso con el de arqueo neto. Sería superfluo insistir sobre el error fundamental de concebir las cosas de esta manera, pero es útil hacer ver por lo menos para los buques desprovistos de aparato motor, que existe una relación aplicable a la media general de los buques de tal clase, relación que une el porte expresado en toneladas métricas de 1000 kilogramos, al tonelaje expresado en toneladas de arqueo de metros 2.832. En efecto, para un buque de esta categoría, comprendiendo exclusixamente los veleros, indicando con P el porte con A el arqueo expresado como se ha dicho, con D el desplazamiento en toneladas métricas con E, M, i en metros las dimensiones principales del casco con carga completa; con p el puntal el cual puede considerarse igual a 1.3 de i, y sabiendo que en los veleros el coeficiente de finura de estiva es de 0.70 y el de carena es de 0.65 se pueden considerar válidos para la medida general de estos buques las relaciones siguientes:

$$0.70\ E\ M\ p = 2.832\ A \qquad 0.65\ E\ M\ i = D$$

Estas dos fórmulas combinadas entre ellas por división dan: $\frac{0.70}{0.65}\ \frac{p}{i} = 2.832\ \frac{A}{D}$ y como $p = 1.3$ de i tendremos: $\frac{0.70}{0.65}\ 1.3 = 2.832\ \frac{A}{D}$ o sea: $D = 2.832\ A$.

Esta relación puede ser útil porque hace ver aproximadamente que el desplazamiento de un buque con carga completa está representado en toneladas métricas por el doble y $^{832}/_{1.000}$ del número que expresa su tonelaje neto de arqueo. Admitiendo que el 35 % del desplazamiento total con carga completa sea absorvido por el peso del casco, hallamos por consecuencia que se tendría disponble una carga útil representada por $P = (1 - 0.35)\ D$ y siendo $D = 2.832\ A$ tendremos $P = 0.65 \times 2.832\ A$ de la cual se obtiene $P = 1.84\ A$, o sea que a cada tonelada de arqueo corresponde una tonelada y $^{84}/_{100}$ de carga, y efectivamente los armadores emplean este valor en sus cálculos corrientes sobre las condiciones remunerativas de los buques.

Para los buques con aparatos motor se debe tener en cuenta el peso de éste y el del combustible, pero siendo variable en cada caso. Los manuales indican una forma empírica, mediante la cual se puede computar aproximadamente el porte útil P, en toneladas de peso para un vapor de A toneladas de arqueo total, con un peso del aparato motor y combustible igual a Q, que el volumen ocupado por la maquinaria, por la carbonera y por los alojamientos sea N. Se entiende que P y Q están medidos por toneladas de peso de 1.000 kilogramos y que A y N en toneladas de arqueo de metros 2.832; la expresión nombrada es $P = K\ (A - N) - Q$. Donde el coeficiente K tendría los valores siguientes:

K = 1,65 para vapores destinados a navegación de costa.
K = 1,50 » » » » » regulares.
K = 1,35 » » » » » largas.

En tiempo empleado en la navegación influye sobre el valor del coeficiente, porque de ella depende el espacio necesario para contener los materiales que se consumen durante la navegación.

Toda la carga útil que queda disponible en el desplazamiento máximo de un buque no puede ser utilizada para el transporte de una determinada especie de carga, si la

capacidad de bodega no presentara una amplitud adecuada para los espacios que quedan y si los espacios de entrepuentes no representan una amplitud cúbica y de superficie adecuada a la calidad y cantidad de la probable carga, pasajeros de cámara, emigrantes, animales, etc., etc.; por ello es necesario formar una escala de capacidad de bodega (fig. 5) o sea de los locales de bodega y de entrepuente con destino a recibir mercaderías. Al formar esta escala se debe tener en cuenta que a causa de los espacios perdidos bajo los baos y los ocupados por los palos, la sobre-quilla y puntales, el 10 % de la capacidad de los locales se pierde.

Además de esta escala, todo buque lleva siempre un plano que representa el corte longitudinal-diametral del buque, en el cual se fija en cada local su capacidad, a los efectos de la carga como demuestra la figura 6.

La escala de carga marca la carga total: por consiguiente para hallar la neta, se debe deducir de la primera el peso del carbón, del agua de los dobles fondos si existe, víveres, etc., habiendo antes marcado el calado del buque vacío.

Con el plano de bodegas se puede determinar el peso que se puede embarcar de una determinada mercadería, conociendo el peso de un metro cúbico o de un pié cúbico de la misma, o sea dividiendo la capacidad de la bodega por el peso unitario.

La tabla adjunta da el volumen ocupado por 1000 kilos de varias mercaderías.

Capacidad de bodega

(UN PIÉ CÚBICO = 0,03 M.^{3})

Clase de mercadería	Volumen en piés cúbicos ocupado por 1.000 kilos	OBSERVACIONES
Algodón en fardos. .	50	
Arena.	21	
Arroz	44	
Café en bolsas. . . .	61	
Carbón Cardiff. . . .	40	
Carbón Newcastle . .	45	El espacio destinado a la carga bien estibada, puede considerarse el siguiente: 1.º el 80 % para carga en barriles cilíndricos de hierro. 2.º el 75 % para maíz. 3.º el 70 % para barriles de madera. 4.º el 60 % para carbón fósil. 5.º el 10 % para carga a granel.
Ceniza sin zarandear .	40	
Cueros sueltos. . . .	84	
Estopa	64	
Galletas.	76	
Granito	14	
Harina en barricas. .	50	
Leña de quemar . . .	280	
Madera dura.	40	
Madera común. . . .	50	
Maíz	54	
Piedras sueltas. . . .	16	
Pedregullo.	23	
Petróleo en bruto. . .	38	
Pasto en fardos . . .	105	
Pan.	124	
Trigo	47	
Vino en cascos. . . .	50	

Modelo N.° 1. — Para buques con cubierta.

El Capitán General de Puertos

....

Certifico *que existe archivado en esta repartición, el documento original de arqueo expedido en el puerto de*.............................*a*..........*de*.............................*de 19*........ *en el que consta lo siguiente:*

DESCRIPCIÓN DEL BUQUE	
Punto y fecha de construcción......	
Material del casco.................	
Clase de aparejo...................	
Número de palos....................	
Número de cubiertas completas.....	
Forma de la proa y de la popa.....	
Número de mamparos estancos.....	
Si tiene doble fondo y de qué tipo..	
Forrado en..........................	

DIMENSIONES PRINCIPALES (en metros)		
Eslora máxima desde el exterior de la roda hasta la cara posterior del galón de bovedilla..................		
Manga máxima de fuera a fuera del forro..................		
Puntal de la cubierta de arqueo en la sección maestra (art. 7)......		
Eslora de arqueo (art. 7)..................		
Manga de arqueo en la sección maestra..................		
Longitud del local del aparato motor..................		

DATOS PRINCIPALES DEL APARATO MOTOR	
Clase de propulsor..................	
Punto y fecha de construcción de la máquina	
Número y tipo de las máquinas..........	
Fuerza en caballos indicados..........	
Punto y fecha de construcción de las calderas	
Número y tipo de las calderas..........	

VOLUMEN TOTAL	Mts³		DESCUENTOS	Mts³	
Volumen principal..........			Descuentos generales para todos los buques.........		
Primer entrepuente..........					
Segundo entrepuente..........			Descuentos especiales para los vapores..............		
Volúmenes de otros espacios sobre la cubierta de arqueo.					
			Descuentos especiales para los remolcadores.........		
Volumen total mc....					
Tonelaje total: tons.			Total de los descuentos en mc.		
Descuentos en tons.					
Tonelaje neto: tons.			Total de los descuentos en tons.		

El tonelaje total de este buque resulta ser de ....
y el tonelaje neto de ....

Y a los efectos prevenidos en el Reglamento de Arqueo. expido la presente, que firmo y sello con el de esta Capitanía General, de la que deberá tomar razón la Oficina respectiva, en ....
a......*de*..............................*de*..............

El Capitán General de Puertos

....

El Arqueador Oficial

....

DESCUENTOS

DE TODOS LOS ESPACIOS CONPRENDIDOS EN EL ARTÍCULO 17 DEl REGLAMENTO DE ARQUEOS

* NOMBRE DE LOS ESPACIOS	* Mangas	Factores	Produc-tos	Suma de produc-tos	* 1/6 largo	Produc-tos	* Puntal medio	Volumen
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
SUMA........								

* NOMBRE DE LOS ESPACIOS	* Mangas	Factores	Produc-tos	Suma de produc-tos	* 1/6 largo	Produc-tos	* Puntal medio	Volumen
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
		1						
		4						
		1						
SUMA........								
SUMA ANTERIOR								
VOLUMEN TOTAL W........								

Tonelaje de los espacios.. = $\frac{W}{2.83}$ = ...

DE LOS ESPACIOS OCUPADOS POR MÁQUINAS—(§ 2 ART. 19 DEL REGLAMENTO)

ESPACIOS OCUPADOS POR MÁQUINAS Y CALDERAS

* NOMBRE DE LOS ESPACIOS	* Mangas	Sumas	1/3 Suma	* Largo medio	Produc-tos	* Puntal medio	Volumen
SUMA :.........							

ESPACIOS OCUPADOS POR COMPARTIMENTOS ACCESORIOS A MÁQUINAS

* NOMBRE DE LOS ESPACIOS	* Ancho medio	* Largo medio	Produc-tos	* Puntal medio	Volumen
SUMA........					

Volumen de los espacios ocupados por máquinas y calderas..............

Idem de los compartimentos accesorios a idem idem......

Volumen total por máquinas............ .... W =..............

Tonelaje de los espacios.............................. = $\frac{W}{2.83}$ = ...

Idem de las carboneras...... { El 50 por 100 del anterior.............. / El 75 por 100 del idem ....

RESUMEN

El 5 por 100 del tonelaje total es de........ ....

El 50 por 100 de ídem.................... ....

Descuentos en concepto de espacios ocupados por la tripulación y objetos para la navegación (art. 17) .... } ....

Los que corresponden por los espacios ocupados por máquinas y carboneras (artículos 21 y 22)........................ } ....

TOTAL.............. ....

Modelo N.° 2.—Para buques con cubierta.

NUM.......................DEL REGISTRO

EL CAPITÁN GENERAL DE PUERTOS

....

Certifico: *que existe archivado en esta dependencia de mi cargo, el documento original de arqueo expedido en el puerto de Montevideo, a.........de.......................de..........19...... en el que consta lo siguiente:*

Clase............................... **ARQUEO POR LA REGLA 1.a**

DESCRIPCIÓN DEL BUQUE

Nombre del buque	
Punto y fecha de construcción	
Material del casco	
Clase de aparejo	
Número de palos	
Número de cubiertas completas	
Forma de la proa y la popa	
Número de mamparos estancos	
Si tiene doble fondo y de qué tipo	
Forrado en	

DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora máxima desde el exterior de la roda hasta la cara posterior del galón de bovedilla .		
Manga máxima de fuera a fuera del forro		
Profundidad de la cubierta de arqueo en la sección maestra (art. 7).		
Eslora de arqueo (art. 7).		
Manga de arqueo en la sección maestra (art. 7)		
Longitud del local del aparato motor.		

DATOS PRINCIPALES DEL APARATO MOTOR

Clase de propulsor	
Punto y fecha de construcción de las máquinas. . . .	
Número y tipo de las máquinas	
Fuerza en caballos indicados	
Punto y fecha de construcción de las calderas . . .	
Número y tipo de calderas	

Tonelaje { total .... / correspondiente a los descuentos .... / neto ....

El tonelaje total de este buque resulta ser de..

y el tonelaje neto de ....

Y a los efectos prevenidos en el Reglamento de Arqueo, expido el presente que firmo y sello con el de esta Capitanía General del que deberá tomar nota la oficina respectiva.

EL CAPITÁN GENERAL DE PUERTOS,

....

EL ARQUEADOR OFICIAL,

* Eslora en la cubierta de arqueo ....
Se divide en .... *partes iguales.*
Número de secciones transversales ....

Intervalo entre secciones ....

CLASE ....

* Puntal bajo de la cubierta de arqueo ....
Se divide en .... *partes iguales.*
Número de mangas que han de medirse ....

VOLUMEN PRINCIPAL (comprende el de los espacios bajos de la cubierta de arqueo)

Puntales de las secciones *Intervalo entre mangas.*		1.a Sección		2.a Sección		3.a Sección		3.a Sección		5.a Sección		6.a Sección		7.a Sección		8.a Sección		9.a Sección		10.a Sección		11.a Sección		12.a Sección		13.a Sección		
N.o de las mangas	Factores	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	* Mangas	Productos	
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
Suma de productos. ⅓ de la distancia común entre mangas...																												
Areas de secciones.																												
Factores...																												
Productos .																												Suma de productos

Suma de productos ....
⅓ intervalo entre secciones ....
Volumen principal ....

VOMUMEN DE ENTREPUENTES (comprende los espacios entre la cubierta de arqueo y la superior)

1.er ENTREPUENTE					2.o ENTREPUENTE				
* Eslora					* Eslora				
Intervalo entre divisiones					*Intervalo entre divisiones*				
Divisiones	* Mangas	Factores	Productos	* Puntales	Divisiones	* Mangas	Factores	Productos	* Puntales
Suma de productos....... ⅓ Intervalo entre divisiones					Suma de productos......... ⅓ Intervalo entre divisiones				
Producto.....					Producto.....				
Puntal medio					Puntal medio				
Volumen de entrepuente..............					Volumen de entrepuente				

Volumen de .... { 1.er entrepuente. ....
2.o » ....

TOTAL ....

VOLUMEN DE LOS ESPACIOS CERRADOS SOBRE LA CUBIERTA SUPERIOR

* NOMBRE DE LOS ESPACIOS	* Mangas	Factores	Productos	Suma de productos	* 1/6 largo	Productos	* Puntal medio	Volumen	* NOMBRE DE LOS ESPACIOS	* Mangas	Factores	Productos	Suma de productos	* 1/6 largo	Productos	* Puntal medio	Volumen
		1									1						
		4									4						
		1									1						
		1									1						
		4									4						
		1									1						
		1									1						
		4									4						
		1									1						
		1									1						
		4									4						
		1									1						
		1									1						
		4									4						
		1									1						
		1									1						
		4									4						
		1									1						
		1									1						
		4									4						
		1									1						

SUMA ....

SUMA ....

SUMA ANTERIOR.. ....

SUMA TOTAL DE LOS ESPACIOS SOBRE LA CUBIERTA SUPERIOR ....

RESUMEN

	Metros cúbicos
Volumen principal	
» de entrepuentes..............	
» de espacios sobre cubierta superior..	
VOLYMEN TOTAL .... V =	

Tonelaje total $= \frac{V}{2.83} =$ .... toneladas

Arqueo de ....

efectuado en el Puerto de ....

a .... *de* .... *de* ....

Modelo N.º 3 para embarcaciones sin cubierta.

REGLA 3.ª

Casco. . . . . .
- Nombre del buque ....
- Punto y fecha de construcción ....
- Material del casco ....
- Forma de la popa ....
- Clase de aparejo .... N.º de palos ....

Máquina . . . .
- Punto y fecha de construcción ....
- Tipo de la máquina ....
- Clase de propulsor ....

Caldera. . . . .
- Punto y fecha de construcción ....
- Tipo de caldera ....

DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora máxima	Desde el exterior de la roda hasta el exterior del codaste . . . Mts.	....	....
Eslora	Desde el interior de la roda hasta el interior del codaste . . . Mts.	....	....
Manga	En la cuaderna maestra interiormente a las orillas superiores . Mts.	....	....
Puntal	En la cuaderna maestra mediante una recta tirada desde las orillas superiores hasta la cara superior de la varenga al lado de la sobre-quilla deduciendo el espesor medio del forro. . . . . Mts.	....	....

Tonelaje . . . .
- TOTAL ....
- CORRESPONDIENTE A LOS DESCUENTOS ....
- NETO ....

El tonelaje de la embarcación resulta ser de ....
y el tonelaje neto de ....

El Capitán General de Puertos

....

Tomé razón en el N.º ....

El Arqueador Oficial:

....

CALCULOS DEL ARQUEO.

Producto de las tres dimensiones principales m^3 ....
dividido por 4 = TONELAJE DE ARQUEO ....
Volumen de los descuentos ....
y en toneladas ....

TONELAJE NETO ....

CALCULOS DEL VOLUMEN DE LOS DESCUENTOS

....

....

Modelo N.° 4 para embarcaciones sin cubierta.

El Capitán General de Puertos ....

CERTIFICA: Que existe en esta repartición, el documento original de arqueo expedido en el puerto de Montevideo a .... *de* .... *de* .... *en el que consta lo siguiente:*

ARQUEO DE LA REGLA 3.ª

Casco. . . . . .
- Nombre del buque ....
- Punto y fecha de construcción ....
- Material del casco ....
- Forma de la popa ....
- Clase de aparejo .... N.º de palos ....

Máquina . . . .
- Punto y fecha de construcción ....
- Tipo de la máquina ....
- Clase de propulsor ....

Caldera. . . . .
- Punto y fecha de construcción ....
- Tipo de caldera ....

DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora máxima Desde el exterior de la roda hasta el exterior del codaste . . . Mts.

Eslora Desde el interior de la roda hasta el interior del codaste . . . Mts.

Manga En la cuaderna maestra interiormente a las orillas superiores . Mts.

Puntal En la cuaderna maestra mediante una recta tirada desde las orillas superiores hasta la cara superior de la varenga al lado de la sobre-quilla deduciendo el espesor medio del forro. . . . . Mts.

Tonelaje . . . .
- TOTAL ....
- CORRESPONDIENTE A LOS DESCUENTOS ....
- NETO ....

El tonelaje de esta embarcación resulta ser de ....
y el tonelaje neto de ....

Y a los efectos prevenidos en el Reglamento de Arqueo, expido el presente que firmo y sello, del que deberá tomar razón la oficina respectiva, a .... de .... de ....

El Capitán General de Puertos

....

Tomé razón en el N.º ....

El Arqueador Oficial:

....

CAPÍTULO V

Altura libre de amurada.—Freeboard.—Exponente de carga

Un elemento importantísimo para la seguridad de los buques en navegación es la altura de la parte del casco que se encuentra sobre la línea de flotación correspondiente a la carga máxima, la cual además de asegurar la reserva de empuje que se considera indispensable, debe ofrecer también una reserva de estabilidad en las posibles inclinaciones laterales del buque. Los armadores y los capitanes de buques mercantes tienen el mayor interés en aumentar la cantidad de mercadería embarcada, preocupándose poco del aumento de la mayor inmersión, como también de los peligros a los cuales están expuestos los buques por esa causa.

Estas circunstancias indujeron al Gobierno Inglés a disponer que cada buque destinado al transporte de mercadería tuviera bien determinada y ostensiblemente indicada la línea de inmersión por él consentida (Freeboard o'Clear side) y que nunca fuera permitida una inmersión mayor, tanto a la salida como a la llegada de los buques al Reino o sus dominios. Se hicieron después muchas modificaciones al Freeboard hasta que en 1894 el «Merchant Shipping Act» se ocupó de establecer la línea máxima de inmersión para todos los buques ingleses. En las otras naciones el Freeboard está determinado, tomando como base las reglas establecidas por los Institutos de Clasificación. Son reglas de carácter empírico y es conveniente hacer resaltar que el criterio en que se han inspirado los compiladores, ha sido el de asegurar en cierto grado, a cada buque, mediante la imposición de un valor mínimo de Freeboard:

1.º Una reserva de flotabilidad, propiamente dicha, o sea un margen de seguridad con el cual el buque pueda contrarrestar la fuerza y el peso del agua que, en forma de

golpe de mar, pueda invadir la cubierta y en caso de avería inundar la bodega.

2.º Una reserva de estabilidad estática contra toda acción que pueda producir una fuerte inclinación del buque.

3.º Una limitación en los esfuerzos, debido a la distribución de los pesos y empuje sobre el casco.

Estos criterios dejan comprender que el establecimiento de la altura de amurada libre debe lógicamente estar en relación con el tamaño y la forma del casco y al mismo tiempo con el tipo de su estructura. Y evidentemente las reglas en uso establecen que a un vapor de formas ordinarias y de estructura normal se le debe asignar la altura libre de amurada que necesita para conferirle el valor del coeficiente de reserva de flotabilidad, que se cree indispensable, y al mismo tiempo hacer observar que todas las diferencias de la forma del casco elegido como típica (por ejemplo: una mayor o menor vuelta del bao, en el espesor de la tablazón de cubierta) o sino toda diferencia en la estructura normal (por ejemplo: la presencia de una contracubierta, de una cubierta de maniobra, etc.), y también toda diferencia en las condiciones ordinarias de navegación (por ejemplo: agua dulce, estaciones invernales, océanos, etc.), importan una diferencia sobre los valores típicos de la altura de la amurada.

En todo caso práctico en el cuel se necesita asignar la altura libre de amurada de un buque, según las reglas inglesas, se hace uso de las tablas publicadas oportunamente por el Board of Trade y teniendo en cuenta todas las correcciones que establecen para las eventuales diferencias en la forma y en la estructura que ellos asumen como típicas. No entra en el desarrollo de nuestro curso explicar particularmente el uso de estas reglas, las cuales tampoco interesan al Oficial de Marina, pero puede ser útil al mismo tener a su disposición algunos datos que sirvan para interpretar el contenido de las mismas.

Para los vapores de estructura normal puede ser útil la siguiente tabla, que contiene los valores aproximados de la altura libre de amurada y del coeficiente de reserva de flotabilidad, para buques que tienen aproximadamente el coeficiente de finura de arqueo igual a 0.80, el cual es un valor bueno (véase la tabla N.º 1).

Es útil hacer notar que interpretando debidamente las tablas inglesas de la altura libre de amurada, se deduce

que para buques caracterizados por los valores medios $\frac{E}{p} = 12$ y coeficiente de finura de arqueo igual a 0.80 conducen a encontrar los siguientes valores en la relación $\frac{i}{h}$ entre la inmersión con carga completa y la altura del casco a la cubierta superior (véase la tabla N.º 2).

TABLA N.º 1

ESLORA	Altura libre de la amurada por $\frac{E}{p} = 14$	$= 12$	$= 10$	Coeficiente de reserva de flotabilidad por $= 14$	$= 12$	$= 10$	
50 metros . .	0.72	0.45	0.50	0.235	0.255	0.235	Vapores
75 » . .	1.40	1.20	1.00	0.265	0.265	0.265	Vapores
100 » . .	2.30	2.00	1.60	0.310	0.300	0.290	Vapores
125 » . .	3.20	2.90	2.40	0.350	0.330	0.320	Vapores
150 » . .	3.90	3.60	3.25	0.380	0.360	0.330	Vapores
175 » . .	4.40	4.20	4.00	0.390	0.360	0.320	Vapores
200 » . .	5.90	4.70	4.10	0.990	0.350	0.310	Vapores
40 metros . .	—	0.70	0.60	—	0.25	—	Veleros
60 » . .	—	1.20	1.00	—	0.28	—	Veleros
80 » . .	—	1.80	1.50	—	0.30	—	Veleros
100 » . .	—	2.50	2.10	—	0.33	—	Veleros

TABLA N.º 2

ESLORA	VAPORES Shelterdeck	Estructura norma	Spardek	Orenigdeck
50 metros . .	—	0.85	-	—
75 » . .	—	0.80	0.76	0.70
100 » . .	0.86	0.77	0.70	0.78
150 » . .	0.79	0.73	—	—
200 » . .	0.75	0.72	—	—

Marca del Freeboard.-Minimo

Determinada que sea la mínima altura de amurada de un buque, se marcan en cada banda de la misma de manera bien visible unos discos cuyo centro está colocado en el medio del largo de la flotación en carga completa (fig. 1). El Lloyd'S Register representa el Freeboard de la manera siguiente (fig. 1):

1.º Una línea *T T* llamada Stop of Statutory dek (extremo de la cubierta reglamentaria) en correspondencia con un punto *c* que indica la cara superior de la tablazón de la cubierta principal.

2.º Un disco cruzado por un raya cuyo canto superior es el diámetro del disco. Las letras *L R* indican que el Lloyd Register ha aplicado la marca. La distancia de esta raya desde la *T T* es igual al mínimo freeboard invernal.

3.º Otras rayas horizontales que salen de una vertical indican los mínimos freeboard correspondientes a los viajes invernales en el Atlántico del Norte (Winter Nort Atlantic W. N. A.) en los viajes de verano (sumer S.); en los viajes de verano en el Océano Indico (Yndian Sumer I.S.); en el agua dulce (Fresch Water F. W.); en los viajes invernales (Winter W.).

En los buques de vela las marcas del freeboard se limitan a la línea de carga en agua dulce, en agua de mar o de invierno y la de invierno en el Atlántico como indica la figura 2.

Estas marcas deben ser aplicadas con color blanco si el buque está pintado de negro y, en color negro, si las amuradas están pintadas de blanco o colores claros.

La marca del Registro Italiano está representada en la figura 4. Como se ve tiene una sola línea de inmersión máxima.

Exponente de carga.

Consideramos un buque pronto para hacerse a la mar sin carga. Sea *A A'* (fig. 3) la correspondiente línea de flotación y sea D_a el desplazamiento correspondien que será igual al peso P_s del buque. Se determina después con la tabla del freeboard la línea de flotación máxima *B B'* y sea D_b el desplazamiento correspondiente.

La diferencia ($D_b - D_a$) o sea la zona comprendida entre la línea de flotación *B B'* y *A A'* se llama faja de exponente de carga y representa la carga neta que puede transportar. La porción de carena comprendida entre las flotaciones correspondientes a los desplazamientos en lastre y con carga completa, se llama faja de flotación variable

o faja variable de carga y representa la carga bruta que puede llevar el buque.

El exponente de carga de un velero está formado por el peso de las mercaderías, de los víveres, equipajes y de la tripulación. En un vapor se comprende como exponente de carga: mercaderías, agua, víveres, equipajes, tripulación, carbón y los materiales de consumo de la máquina. Si lleva pasajeros el exponente de carga comprende también el peso de los pasajeros y de sus equipajes, de los víveres y agua necesarios.

En los buques de guerra el exponente de carga representa el máximo de los pesos que se puedan colocar a bordo para dejar el buque listo para el combate.

El exponente de carga comprende:

1.º El peso de las corazas, con su almohadillado y pernos.

2.º El peso de la Artillería con sus torres, aparatos de maniobra, municiones y ascensores.

3.º El peso de los torpedos, con sus tubos compresores, depósito de aire y redes para torpedos.

4.º El peso de las máquinas, calderas, propulsores, piezas de repuesto, herramientas, agua en las calderas y en los condensadores, agua de reserva, de alimentación, etc.

5.º Combustible: sin contar el de las carboneras de reserva.

6.º Arboladura aparejo y velamen.

7.º Anclas, cadenas, amarras y casillería, toldos, cenefas, etc.

8.º Embarcaciones, pescantes, aparejos, etc.

9.º Instalaciones eléctricas y reflectores.

10. Servomotores que no formen parte de las máquinas, motores de la artillería y torpedos, máquinas refrigerantes, bombas de achique, cañería de incendio, de sentina, de ventilación y refrigerante.

11. Tripulación con sus efectos, coys, colchones, etc.

12. Víveres para la tripulación, comprendido el peso de lo recipientes que los contengan.

13. Agua para la tripulación.

14. Cocina, hornos, panadería, carbón para cocina, materiales para consumo, como ser: pinturas, materiales, grasas, etc.

15. Lastre.

16. Carga, ganado, tropa, pasajeros, etc., en los transportes.

CAPÍTULO VI

Materiales.—Noticias históricas sobre la construcción de los cascos de hierro y de acero.—Ventajas e inconvenientes de los mismos comparados con los de madera.—Pruebas que garantizan la buena calidad del material.

Desde los tiempos más remotos hasta una época relativamente reciente, la madera fué el material empleado en la construcción de los cascos de los buques; pero apenas las industrias metalúrgicas llegaron a cierto grado de desarrollo, se empezó a emplear el hierro; primeramente como material accesorio que constituían los vinculos de unión y refuerzos de la extructura, en sustitución de la madera, y después como elemento principal para todas las partes del casco, como sustitutivo del mismo material.

La primera noticia de un flotador de hierro se encuentra en un escrito del año 1787 el cual es citado por Grantham, tratado sobre las naves de hierro y en el que se hace mención de un buque de río construído por el Arquitecto Wihfinson, destinado al transporte de fundición desde Bradley a Birminghan. El uso de estos flotadores con fondo chato se extendió rápidamente en todos los canales ingleses.

En 1820 aparece el primer y verdadero buque con casco de hierro el cual denominábase «Aaron Manly» proyectado por los señores Manly y Napier, de Horstley donde fué armado y después desarmado para ser montado definitivamente en Londres. Por largo tiempo prestó servicios en los canales ingleses haciendo su primer viaje en 1822 hasta el Havre y de allí a París. Por cierto término continuó desarrollándose la construcción de hierro, limitada para los buques a vapor, destinados a la navegación fluvial y a los pequeños buques que hacían la navegación de cabotaje hasta que en el año 1838 se tuvo el primer buque con casco de hierro destinado a la navegación transatlántica.

El fué, el «Great Western» construído por Brunel y des-

de entonces el impulso tomado por la construcción Naval fué tan grande, que veinte años después, en el año 1858, se botava al agua la más grande nave que se ha puesto a flote hasta hace pocos años o sea la «Great Easter» obra colosal del mismo Arquitecto Brunel.

La Marina de Guerra Inglesa como la de las otras naciones aceptó hasta 1859 el nuevo material con algunas dificultades debido a la tradición secular del uso de la madera y también porqué se consideraba inferior con respecto a la misma para resistir los esfuerzos de perforación.

Después del año 1859 el hierro aplicado a las construcciones navales ganó rápidamente terreno y en poco tiempo sustituía completamente a la madera en tanto que la propulsión a vapor tomaba a su vez el lugar que le correspondía reemplazando la vela.

Debido a la perfección reciente de los productos de la Industria metalúrgica, se ha introducido en la construcción Naval en sustitución del hierro, una calidad especial de acero llamado acero dulce (nild steel) o hierro homogéneo.

La Marina de Guerra, que fué la última en sustituir la madera por el hierro, fué la primera en cambiar en el año 1871 el acero por el hierro. El acero es el único material empleado hoy día para la construcción de buques de guerra, usándose la madera como accesoria y como forro de las cubiertas.

Los principales inconvenientes que presentan los cascos de hierro y de acero en comparación con los de madera son los siguientes:

1.º La menor resistencia a la penetración en caso de choque. Es un inconveniente debido a la mayor facilidad con la cual los cuerpos con punta penetran en el pequeño espesor del forro de la carena construída de hierro o acero.

2.º La mayor facilidad de ensuciarse y consumirse por oxidaciones. Sobre la carena de un buque de hierro se forma, después de poco tiempo, incrustaciones y vejetaciones que aumentan y desarrollan rápidamente. Las primeras son perjudiciales a la buena conservación del material. Las segundas contribuyen a aumentar la resistencia al movimiento. Estos inconvenientes no se produce en los buques de madera con la carena forrada de cobre o de metal Muntz, porque dicho forro se cubre de sales que se disuelven con el agua de mar expulsando las materias que se han adherido a la carena. Está condición de inferioridad de los cascos de

hierro o acero tiene ahora mucha menor importancia porque son muy numerosos los diques de carena donde se pueden practicar las necesarias y periódicas limpieza de fondos de los buques.

Perturbaciones de la brújula.

Estas perturbaciones están hoy ya eliminadas con las brújulas compensadas.

Las ventajas de los cascos de hierro y acero en relación a los de madera son las siguienies:

Menor peso.

El peso P_s del casco de los buques se acostumbra á darlo en relación al desplazamiento máximo D y se considera la relación $\frac{P_s}{D}$ que en general asume los siguientes valores.

Buque de madera desde 0.35 a 0.42.
» » hierro » 0.30 a 0.35.
» » acero » 0.27 a 0.32.

Como se ve, el peso de un casco de madera es mucho mayor que el de uno de hierro de las mismas dimensiones y esto deriva principalmente del hecho de que a las piezas componentes de un casco de hierro o acero se pueden fijar los perfiles que mejor responden a la naturaleza de los esfuerzos que deben soportar, mientras que para construir un casco de madera, no se pueden emplear sino piezas de sección casi cuadrada o rectangular y por consiguiente en los cascos de metal la cantidad de materiales empleado es mejor utilizado. Una economía más sensible en el peso del casco se va obteniendo conjuntamente con los perfeccionamientos de la calidad del material. La economía de peso es muy importante si se considera que todo el peso economizado se traduce en ventaja de la capacidad del transporte en los buques mercantes o también de la potencia ofensiva y defensiva en los de guerra empleándolos en coraza, artillería, municiones, etc.

El mayor volumen interior.

A igualdad de dimensiones entre dos buques uno de madera y otro de metal, las dimensiones del material empleado en este último son mucho menores, por lo que el espacio disponible será mayor en el primero.

La mayor resistencia de las estructuras.

Del modo de como que el material metálico es utilizado se da prueba o se llega al convencimiento, de la mayor resistencia que presenta un casco de metal, obser-

vando que todas las piezas que lo componen presentan ligamentos directos, mientras que en un buque de madera las varias partes están ligadas indirectamente.

Así por ejemplo: considerando el forro exterior de un casco de metal constatamos que está compuesto de varias hiladas de chapas unidas entre ellas a solapa con una o dos filas de remaches, y las chapas de cada hilada están unidas también a solapa o a tope por medio de cubre juntas con dos, tres, cuatro filas de remaches independientemente de las cuadernas de manera de obtener un conjunto bien sólido. En un buque de madera el forro exterior está compuesto de tablas las cuales no presentan entre ellas nigún ligamento ni en las cabezas ni en las costuras y están sólo afirmadas con pernos a la cuaderna.

La mayor solidez que se puede conceder a los cascos de metal ha permitido aumentar mucho sus dimensiones y es por ello que se han podido construir los grandes colosos que hoy cruzan los mares.

La mayor impermeabilidad.

El calafateo es mucho más seguro y más eficaz, en las planchas que en las costuras de un buque de madera. En estos la zona de la cosedera está sujeta a las alternativas de sequedad y humedad y requiere que sea pacientemente renovado para que no se produzcan filtraciones. Además por la menor eficacia de ligamento en un buque de madera las piezas se mueven mucho. Este defecto se manifiesta muy pronto en los buques de madera, sea porque el calafateo se deteriora, sea por el hecho de que los pernos hacen juego en la madera, como así mismo porque algunas uniones pueden haberse resentido por los esfuerzos a los cuales están sujetas.

La mayor vida.

La duración de un buque está determinada por el tiempo que pasa desde su construcción hasta cuando las reparaciones empiezan a ser muy costosas. Para los buques de madera se puede establecer que la vida de ellos sea de 10 a 15 años. Mayor vida han tenido los buques de Guerra, por ser ellos construídos sin economía. Asi podemos citar por la duración excepcional el «Royal Whilhelman» que alcanzó a los 94 años y el «Sobercign ol the seas» que llegó a los 87 años.

Para los buques de hierro y de acero no se tiene todavía elementos suficiente para establecer su duración media, pero

se sabe que prestan todavía servicios buques construídos hace 40 años, y que se encuentran aun en buenas condiciones. Entre las actuales naves inglesas está el «Wharrior» construído entre los 1859 y 1861 y las naves «Formidables», «Terrible», «Ancona», «San Martino» de la Marina Italiana, construído hace más de 50 años; y por lo que se refiere al casco se encuentra en buenas condiciones de conservación.

El menor peligro de incendio.

Bajo este concepto y especialmente a bordo de los buques de guerra, la superioridad del metal en comparación con la madera, es evidente y justifica la tendencia general de reducir cada vez más el uso de la madera y sustituirla con hierro o acero, u otro metal incombustible en las partes donde se sigue usando la madera. (Forro de los puentes, divisiones internas).

Los inconvenientes de los cascos de metal que hemos citado se están eliminando de la manera siguiente: La poca resistencia a la penetración es una inferioridad real para los cascos de metal, pero mediante la colocación de mamparos estancos transversales y longitudinales y mediante las cubiertas estancas pueden salvar el buque en caso de choque. Respecto a la facilidad que presenta la carena de los cascos de metal para ensuciarse se han buscado todos los medios para eliminar este inconveniente, pero sólo en parte se ha podido llegar a ello y ha sido pintnado la carena con especiales pinturas preservativas, las que deben ser renovadas de tiempo en tiempo por lo que es necesario que el buque entre a dique seco. La entrada de buque en dique seco obedece también a otro objeto independiente de la limpieza de las carenas; o sea al hecho de que ellas están sujetas a oxidarse a causa de que las pinturas submarinas se despegan poco a poco. Por lo dicho se infiere que cada vez que entra un buque a dique seco deben ser rasqueteados, piqueteados y pintados sus fondos.

Las entradas al dique seco no deben ser transferidas del tiempo marcado, y deben ser hechas cada 6 u 8 meses para los pequeños buques de carga y cada 4 o 6 meses para los transatlánticos. En los buques de guerra que tengan que navegar en regiones donde no existe dique de carena se acostumbra a revestir las carenas con chapa de cobre o zinc separadas del forro exterior mediante un revestimiento

de madera. Tales forros permiten mantener las carenas limpias por mucho tiempo.

Pruebas que garantizan la buena calidad del material.

Sobre este punto hacen expresa indicación los Registros de Clasificación los cuales exigen las pruebas que se deben efectuar a los materiales que se quieran emplear y las distintas condiciones a las cuales deben sujetarse.

Los elementos que permiten conocer las cualidades que debe poseer un material para ser aplicado a determinado uso, son la cargar a la rotura, y el alargamiento correspondiente; los cuales se determinan con la prueba de tracción. Esta consiste en someter una barrita de forma cilíndrica o prismática a una fuerza de tracción que se hace aumentar lentamente, hasta que se rompa la referida barrita.

Sea t los kilógramos que deben determinar la rotura, sea s m/m^2 la sección tranversal de la barrita; el cociente $\frac{t}{s} =$ R expresa en kilogramos por m/m^2 la carga o resistencia a la rotura del material. En la determinación de este elemento entra como se ve, el esfuerzo t que es capaz de determinar la rotura de la barrita. Las máquinas empleadas en las pruebas de tracción son de varios tipos, uno de ellos es el representado en la (figura 1).

La fuerza de tracción la proporciona un motor, que obrando por medio de una correa sobre la polea C mueve un sistema de ruedas dentadas *C';* con esta disposición el movimiento del tirante de tornillo se efectuará de manera muy lenta y gradual y su acción se ejerce en un extremo de la barra *A* que se debe probar. La barra *A* tiene sus extremidades sujetas por medio de dos tenazas *B*. Cuando el aparato funciona el esfuerzo se comprueba por medio de una palanca *D* que trasmite su movimiento a la palanca *E* esta última está graduada y sobre ella corre un peso *P* que equilibra y mide el esfuerzo.

Las barritas de pruebas se preparan en la forma indicada en la (figura 2), generalmente son de un largo útil de 200 m/m. Si pertenecen a chapa son de espesor igual al de las mismas y su ancho es de 20 a 30 m/m según el grueso de la chapa. Para barras redondas se reduce el diámetro al torno de manera que resulte uniforme (figura 3).

Para la prueba sobre las barritas se marcan con el buril los trazos *a b* (figs. 2 y 3) los cuales limitan la longitud útil de las mismas. Manifestada la rotura, se reconoce el

alargamiento que ha experimentado la barrita, acercando los dos trozos de la misma y midiendo la distancia *a b* se obtendrá una longitud mayor que la primitiva. Llamando con *a' b'* esta distancia, su relación con *a b* expresada en tanto por ciento, será: $A = \frac{(a' b') - (a b)}{a b}$ lo que se llama alargamiento al límite de rotura.

Para conocer mejor el material que se emplea se hacen otras pruebas. Tratándose de hierro se hacen pruebas en caliente y si es acero se efectuán pruebas de temple. En los Rigistro de Clasificación de Buques se determinan las normas para efectuar dichas pruebas, y queriéndolas conocer se puede consultar el Lloyd Register, el Burear Veritas, el Registro Italiano, etc.

El Bureau Veritas exige que las pruebas de tracción den los resultados siguientes:

LONGITUD ÚTIL 200 M/M.

	Hierro superior	Hierro común
Resistencia en sentido horizontal. .	35 Kgs.	31.5 Kgs.
Alargamiento	7 %	4 %
Resistencia en sentido vertical. . .	29 Kgs.	28.5 Kgs.
Alargamiento	4 %	1.5 %

Como se ve la resistencia y su correspondiente alargamiento dependen de la calidad del hierro y de como las barritas estén preparadas, o sea: si están cortadas en sentido horizontal o en sentido vertical.

Los Registros de Clasificación no se ocupan de la constitución química del material sino que se ocupan de sus cualidades mecánicas. Y en efecto, al respecto, los mismos dicen:

1.º Los materiales, hierro o acero, usados en las construcciones de los cascos, deberán llevar marcada la marca establecida por el Registro, la cual garantiza que las pruebas han dado el resultado requerido.

2.º La resistencia a la rotura por tracción debe corresponder a los resultados apuntados en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL PARA PROBAR	Resistencia a la rotura por tracción por m/m^2 de la sección primitiva	Alargamiento en la longitud de 200 m/m.
Chapas de 5 a 8 milímetros de espesor.	de 43 a 51	16
Id. de más de 8 milímetros	» 42 » 50	18
Barras angulares y chapas con nervio desde 5 a 8 milímetros de espesor. . . .	» 44 » 52	17
Id. íd. de más de 8 milímetros.	» 43 » 51	19
Para remaches	» 36 » 48	25

CAPÍTULO VII

Varios tipos de quilla más usados para buques de hierro o acero. — Rodas y codastes. — Unión con la quilla. — Cuadernas simples y reforzadas. — Varios tipos de sobre-quilla. — Baos. — Puntales. — Trancaniles. — Escotillas. — Mamparos estancos. — Cubiertas de hierro. — Dobles fondos. — Estructura longitudinal y transversal. — Cinta. — Aparadura. — Forro exterior y forro en los extremos de proa y de popa.

En la construcción de los cascos metálicos se usan tres tipos de quilla o sea: quilla maciza, quilla lateral y quilla chata.

Quilla maciza (Fig 1)

Este tipo de quilla, fué el que se usó en las primeras construcciones navales metálicas y es la que más se aproxima por su estructura y disposición a las de los buques de madera. Ella está constituída por una barra de sección rectangular con el canto mayor dispuesto verticalmente; se extiende en toda la longitud del buque y está dividida en su mitad por el plano de simetría. Se puede construir de hierro batido con el martinete, o con lingotes de acero pasados por los laminadores.

Está formada por varias piezas de la mayor longitud posible y unidas entre ellas a empalme con dos o tres hiladas de remaches. Los empalmes en este caso tienen los planos de contacto en sentido vertical a diferencia de los de madera, que como hemos visto, están dispuestos horizontalmente. Los roblones de estos empalmes resultan dispuestos en el sentido horizontal y además sirven para remachar las aparaduras con la quilla. Indicando con s el espesor de la quilla, con h la altura de la misma y con l la longitud del empalme debe ser: l mayor que *nueve veces s,* o también l mayor que *tres veces h.* El grueso en las extremidades de los empalmes debe ser: $^1/_3$ o $^1/_4$ de s.

Las dimensiones de las quillas están fijadas por los Registros, teniendo como base el modelo correspondiente al buque.

Quilla lateral. (Fig. 2) Mayor rigidez longitudinal se obtiene empleando el tipo de quilla lateral.

Consta de una chapa vertical *d* dispuesta en el plano de simetría, de dos planchas laterales *d' d'*, las *t t* son las aparaduras, las *a a* las varengas formadas de dos piezas y unidas a la chapa *d* con cuatro trozos de hierro ángulo *f;* las *e e* son planchas unidas a la chapa *d* con dos hierro ángulo *h* y a las varengas *a a* con los hierro ángulo *i*. (Véanse secciones).

Los hierros de ángulo principales *b* y los invertidos *c* están compuestos respectivamente por dos cuerpos, los cuales se unen en el plano de simetría con dos trozos de ángulos invertidos como ya se ha visto anteriormente.

En la parte más baja de la varenga se practican dos agujeros de cinco a ocho centímetros de diámetro para el pasaje del agua de sentina. El fondo está cubierto por una capa de cemento.

Las dos chapas *d'* se hacen de altura igual a la que debería tener la quilla maciza; y el espesor igual al de la misma aumentado por el espesor de la chapa central.

Como se ve en la sección *C D* las varias piezas que forman la quilla lateral están unidas entre ellas con cubre juntas.

Esas piezas deben tener la mayor longitud posible y los cubre juntas deben estar alternados convenientemente.

Este tipo de quilla se construye en ciertos casos con algunas variantes; y en efecto, algunas veces la plancha *d* (figura 3) llega sólo hasta el canto superior de la varenga y las angulares *h* pasan entre apropiados cortes triangulares practicados en las dos medias varengas.

Sobre estas últimas apoya la chapa *e'* en sustitución de las dos *e, e*.

Este sistema ofrece la ventaja de cambiar la posisión de las angulares *h* pues constituyen una mayor ligazón entre los maderos por medio de la chapa enteriza *e*.

Otra variante derivada de la señalada precedentemente, fué muy usada en los buques de guerra, en los cuales se ha empleado la quilla lateral. Como se ve en la figura 4 los cortes para el pasaje de las angulares *h* no son de for-

ma triangular, pero siguen el perfil de las angulares.

Las angulares verticales *f* en vez de detenerse debajo de las angulares *i* siguen el canto superior de la varenga haciendo de contra hierro invertido. Con este sistema se obtiene la ventaja de eliminar los cortes que se efectúan en las chapas longitudinales, los cuales constituyen una debilitación de las mismas.

Quilla chata. (Fig. 5)

Los dos tipos de quilla descriptos, están munidos inferiormente de una parte saliente que constituye un inconveniente para los buques que deben hacer la navegaeión de los lagos y de los ríos, y en todas las aguas donde hay pocas profundidades. Para eliminar este inconveniente se ha construído el tipo de quilla llamado *quilla chata.*

Este sistema además de presentar las ventajas ahora señaladas, ofrece menor resistencia al movimiento y menor superficie de carena bañada en comparación de los dos tipos descriptos anteriormente. A causa de estas ventajas, este tipo de quilla está actualmente empleado en muchos buques de guerra y en los cargo-boats modernos.

La quilla chata (fig. 5) está formada por una hilada superpuesta *A* del forro exterior. Ella está colocada por mitad a ambos lados del plano de simetría. La chapa *d* constituye la sobre-quilla central y está unida a la chapa *A* por medio de las angulares *g, g.* Como en todo caso el objeto de esta plancha es aumentar la resistencia de la estructura en los esfuerzos a los cuales está sometido el casco uno de los cuales está constituído por la reacción de los picaderos cuando el buque se encuentra en seco.

Los hierro de ángulo principales *b*, llegan hasta la *g*; los invertidos *c*, se unen en el plano de simetría mediante trozos de hierro de ángulo *i* que pasan en oportunos cortes practicados en la chapa vertical *d* la cual está unida a las dos medias varengas con cuatro trozos de hierro de ángulo *f*. Sobre las varengas existen las planchas *e* unidas a la *d* por medio de angulares *h* del mismo modo ya visto en la quilla lateral.

La plancha-quilla se coloca en todo caso superpuesta pues de tal manera se obtienen las siguientes ventajas.

1.º) En caso de averías se puede cambiar con relativa facilidad, lo que no se obtendría si fuera colocada direc-

tamente sobre las cuadernas, dado que las tracas adyacentes a la quilla, deberían ser superpuestas.

2.o) La quilla chata siempre tiene mayor espesor que las chapas que forman las otras hiladas y si no fuera superpuesta se deberían colocar piezas de relleno en los vanos que quedarían entre la quilla y la primera hilada. Estos rellenos resultarían de sección triangular lo que implica mayor trabajo que los de forma rectangular que son los que se emplean en el primer caso.

3.o) Se facilita el calafateo dada la situación de las costuras. Las planchas que forman la quilla chata deben ser dispuestas a tope con simples cubrejuntas, colocadas interiormente y deben ser de dimensiones suficientes para recibir el número de hiladas de remaches que le corresponden.

En los buques de guerra y en los mercantes de gran tonelaje generalmente se emplean dos quillas chatas.

En este caso los cubrejuntas deben ser colocados exteriormente. Interponiendo entre estos cubrejuntas trozos de chapas de dimensiones iguales a las misma se obtendrá una superficie externa uniforme.

En todos los casos explicados se ha considerado la sobre quilla central, continuada de proa a popa, pero en los mismos casos ella puede ser intercuadernal. Este tipo de quilla está formada por chapas comprendidas entre las varengas; están munidas de apropiados cortes para el pasaje de los hierros invertidos y principales. En este caso las varengas resultan de una sola pieza constituyendo por consiguiente mayor resistencia del casco en el sentido transversal a diferencia de lo que ocurre en el caso de la sobre-quilla enteriza que constituye mayor resistencia en el sentido longitudinal.

Rodas y codastes.—Unión de las rodas y de los codastes con la quilla.

Cualquiera que sea el tipo de quilla adoptado las rodas y los codaste están formados por piezas macizas de hierro fraguado o de acero fundido. Ellos pueden afectar varias formas y las principales son las que señalamos a continuación:

Codaste (Fig. 6) En los buques a vela, en los buques munidos de dos hélices y en los de ruedas el codaste está constituído por

una pieza *a* de sección rectangular provista de un pié horizontal que por medio de un empalme se une a la quilla.

Las *b* son las hembras del timón destinadas a soportar el peso del mismo, por medio de los machos *c*. Las hembras generalmente están fraguadas conjuntamente con la pieza principal; sin embargo pueden también ser remachadas al codaste. De la misma manera pueden ser construídos los machos. La hembra inferior *d* se llama *hembra del talon o coz,* está fraguada o fundida con la pieza que forma el codaste y siempre es maciza en su fondo, de manera que pueda soportar mejor el peso del timón. Las hembras están constituídas por piezas salientes munidas de agujeros cuyo eje común coincide con el eje de rotación del timón. La hembra superior se coloca lo más alto posible, las otras tienen una distancia de 1,20 a 1,70 metros.

La sección del codaste se mantiene constante a la de la quilla, hasta la vuelta de popa; en la parte superior se puede reducir gradualmente hasta llegar a los $^2/_3$ de la inferior.

El codaste debe llegar hasta la cubierta superior y debe ser unido al mismo por medio de la plancha *e* llamada *plancha del peto*, y por medio de la angular *f*.

El codaste de los buques de una hélice está constituído de la manera siguiente:

En la figura 7 en *a* se representa el codaste popel y en *g* el codaste proel. Respecto al primero se puede repetir todo lo que se ha dicho para el tipo ya descripto. El codaste proel está munido de un henchimiento *i* en el que se practica el pasaje del eje de la hélice. Los dos codastes están unidos en la parte inferior por medio de la pieza *l* llamada *talón del marco de la hélice* que mediante la pieza *m* llamada *pié del codaste,* se une con empalme a la quilla (veáse sección de la figura 7). En la parte superior los dos codastes están ligados entre si por medio de la pieza *h* generalmente de forma curva a modo de arco y que toma el nombre de *arco del marco de la hélice.* Los dos codastes y sus correspondientes piezas de unión constituyen la estructura que se llama *marco o cuadro de la hélice*, dentro la cual gira la hélice propulsora. Con el fin de que la hélice tenga suficiente espacio para evolucionar, el talón del marco se achata, obteniendo también de tal manera mayor resistencia a la flexión lateral a la cual el mar-

co está sometido cuando el buque navega con el timón inclinado.

Los marcos pueden afectar diferentes formas en los buques de guerra munidos de hélices gemelas y con timones cuya superficie de pala se extiende en una determinada proporción a proa del eje de rotación. El codaste de popa en este caso tiene formas especiales con el fin de soportar convenientemente el peso del timón y está munido del pasaje para el asta del mismo. En el caso de buque de guerra este pasaje se encuentra bajo la línea de flotación, de manera que queda invisible y defendido por la cubierta de protección. El agujero que constituye este pasaje está munido de un prensa-estopa con el objeto de impedir la entrada del agua en el interior del buque. En la figura 8 está representado un codaste de acero fundido munido de una rama y está reforzado con nervaduras. La razón de practicarle la ranura tiene por objeto la ventaja de obtener menor peso. La parte superior presenta un henchimiento para un tubo lanza torpedo. (Veánse secciones de la fig. 8).

La figura 9 representa un codaste para un timón de forma común. Es de hierro forzado y presenta un alefriz donde se apoyan las hiladas del forro exterior.

Roda. (Fig. 10) La roda se construye maciza en todo los casos que se emplee; su sección es rectangular y el material es hierro fraguado o acero. La unión de la roda con la quilla depende del tipo de esta última, o sea según que ella pertenezca al tipo llamado quilla maciza, quilla lateral o quilla chata. A continuación se explican estas difentes uniones:

Unión de la roda y del codaste con la quilla maciza.

En este caso la roda (fig. 10) es la prolongación de la quilla a la cual se une con empalmes cuya disposición es igual a la descripta para la unión de las varias piezas que forman una quilla maciza.

Unión de la roda y del codaste con la quilla lateral.— (fig. 11).—La roda está munida de tres resaltes *a, b, c;* en *b* concluye la chapa central, en *a* y *c* concluyen las dos planchuelas laterales. Las varengas serán compuesta por dos piezas hasta el resalte *b*, después del cual serán formadas de una sola pieza. Las dos chapas horizontales *e* siguen la chapa central y terminan en la misma posición. Las dos angulares siguen hasta la varenga cuya latitud se hace muy pequeña, dada la forma de la proa; y por con-

siguiente el espacio comprendido entre los dos cuerpos de la cuaderna en esa posición no es suficiente para recibir las angulares. De la misma manera y en la forma descripta se hace la unión del codaste con la quilla.

Unión de la roda y del codaste con la quilla chata. (fig. 12). En este caso la extremidad inferior de la roda concluye en forma de horquilla munida de una ranura o alefriz. Entre los dos bordes de la horquilla se introduce y concluye la chapa central. Las dos angulares de unión de la quilla con la chapa central siguen y se detienen en la misma posición o sea en la *a*. La quilla termina en *b* o sea en el resalte de la roda. (Veánse secciones de fig. 12).

En el caso de que exista una contra-quilla la roda estará munida de dos dientes los cuales concluirán en puntos distintos. En las rodas de acero están practicados los alefriz para recibir la quilla y la contra-quilla. En las extremidades de proa la unión de la quilla con la roda no se puede efectuar con roblones, por lo que se emplea a este fin tornillos prisioneros, cuya cabeza se corta una vez que los mismos están bien apretados.

Cuadernas simples y reforzadas.—Como ya hemos visto las cuadernas de los cascos metálicos están compuesta en general de tres partes o sean: varenga, hierro de ángulo principal y hierro de ángulo invertido. Los lados del primero son desiguales, el lado mayor se dispone sugún el plano de encoramento y sobre la menor se apoya el forro exterior (fig. 13). Generalmente el invertido tiene los lados iguales, en caso contrario se dispone el lado mayor en el sentido longitudinal y el menor en el del plano de encoramento. Sobre el lado mayor apoya el forro interior.

Tanto el principal como el invertido se unen en el plano de simetría mediante dos trozos de hierro de ángulo *a a'* (fig. 13) los cuales además del cometido anterior, eliminan la diferencia de resistencia en esa posición. La varenga en sus partes extremas *b* y *c* está estirada a cuña para impedir que se forme un resalte en esas posiciones que impidiría que los invertidos asentaran como debieran en su lugar. Todas las piezas que constituyen una cuaderna se unen mediante remaches.

Veamos ahora como se forma una varenga. Tomemos en consideración la varenga de la sección maestra de un buque: sea *l* su longitud máxima (fig. 13) sea *p'* el puntal medido en el centro del casco. El canto superior de la va-

renga es casi horizontal en su parte central y en las extremidades se levanta gradualmente. La altura *h* en el plano de simetría, se halla mediante fórmulas empíricas aconsejadas por los Registros de Clasificación.

El Bureau Veritas da la siguente fómula $h = \frac{1 + p}{30}$

Si *A B* es la línea de construcción, los Registros exigen que en la sección maestra, la altura *l'* del madero sea 2 h y el extremo *b c* de la varenga debe ser igual al lado transversal del ángulo principal. En los buques de pequeño desplazamiento las varengas pueden estar formadas de una sola pieza, pero en los buques de grande desplazamiento están formadas de dos partes. Las uniones de las varias varengas deben alternarse convenientemente a la derecha y a la izquierda del plano de simetría: dichas uniones pueden ser a solapa o por medio de doble cubre-juntas.

Cuadernas de barra de sección a Z *y a* U.—Desde algunos años a esta parte se han introducido en la construcción de los buques, especialmente en los de guerra y se han sustituido a las cuadernas anteriormente descriptas las cuadernas compuestas por vigas de sección a *Z* y a *U*. Se obtiene, de tal manera una cuaderna, la cual a igual resistencia a la flexión resulta más liviana que las anteriores.

Y en efecto tomando en consideración una cuaderna de sección *Z* se deduce (fig. 14) que estando la masa metálica cerca del eje neutro *A B* está reducida a menor cantidad mientras que la mayor cantidad de metal está concentrado en los cantos *A B*. Además resultan más livianas dado que con este sistema se eliminan los remaches que sirven de unión de las angulares principales con las invertidas. Se debe hacer notar también que empleando este sistema se ahorra la mano de obra dado que no se deben perforar las cuadernas en su parte central y no se deben remachar los roblones de unión.

Las barras a *Z* siguen el perfil de las cuadernas hasta donde empieza el madero, luego mitad de la barra (fig. 15) sigue el canto superior de la varenga y la otra mitad sigue el canto inferior de la misma, o sea se forma de esta manera el invertido y el principal. Para este objeto se debe cortar la barra por mitad en el punto *e*.

Las cuadernas de forma *U* se emplean en especial modo en la marina de guerra francesa y presentan las mismas ventajas que las de forma de *Z* (fig. 16).

Se usan también las cuadernas con nervio constituidas únicamente por una barra con nervio, la cual es toda de una pieza hasta el plano de simetría. El nervio está proporcionado de manera que ofrece la misma resistencia del invertido y además este tipo presenta la ventaja de oxidarse menos rápidamente porque ofrece menor superficie a la acción de los elementos externos. En correspondencia de la varenga se coloca una angular invertida (veáse fig. 17).

El inconveniente que presentan los tipos de cuaderna a Z y a *U* sobre el tipo de cuaderna con barra de ángulo es que en estas últimas los invertidos pueden detenerse en la segunda cubierta lo que no se puede hacer con las cuadernas a *Z* y a *U* dado la estructura de las mismas, aumentando por consiguiente el costo complexivo de un buque.

Cuadernas reforzadas—En ciertos locales como por ejemplo en el de máquinas y calderas no se pueden emplear los baos correspondientes. Para compensar la menor robustez de la estructura del casco que se manifestaría en aquellas localidades se emplean unas cuadernas más reforzadas que las otras y que se llaman precisamente *cuadernas reforzadas.*

Están compuestas por la angular principal (fig. 18) dispuesta como en las cuadernas de tipo común, por una planchuela *a* dispuesta en el plano de encoramiento y de un ancho igual a tres o cuatro veces el ancho de la cuaderna de tipo común y por dos angulares iguales a las angulares invertidas, dispuestas según el perfil interno de la planchada, la cual se extiende desde el madero hasta la segunda cubierta empezando desde la bodega.

En el caso que a la planchada se diera mayor ancho del que se ha dicho anteriormente, se practican en la misma algunos agujeros con el objeto de disminuir el peso de la cuaderna.

Varios tipos de sobre-quillas

Como hemos visto en el Capítulo II (fig. 18), existen en todos los buques refuerzos dispuestos en el sentido longitudinal a los cuales se les denomina con el nombre de sobre quillas. Ellos toman diferentes denominaciones que están de acuerdo con las posiciones que ocupan y así se tiene la *sobre-quilla central*, colocada en el plano de simetría; las

sobre-quillas del pantoque colocadas en el punto donde empieza la mayor redondez de la cuaderna, y las *sobre-quillas laterales* colocadas en los puntos intermedios entre el centro del buque y estas últimas sobre-quillas descritas.

Sobre-quilla central. (Fig. 19)

La misma puede ser de tres tipos o sea: continua sobre las varengas, intercostal y continua entre las varengas.

Sobre-quilla central continua sobre las varengas.—Este tipo es el que más se aproxima por su forma a las de los buques de madera, fué el tipo usado en las primeras construcciones metálicas, pero hoy día se usa solamente en los buques a vela munidos de quilla chata.

Consideremos una varenga en las proximidades de la sección maestra. Sea ella *a a* la cual por medio de las aparaduras *l l* está unida al principal *p r* y al trozo de invertido correspondiente. El invertido *i v* sigue el contorno superior de la varenga y se une en el plano de simetría con un trozo de invertido *i*.

Sobre la varenga está colocada la sobre-quilla formada por seis piezas, o sea de una chapa *B* puesta en el plano de simetría, de dos angulares inferiores *b b* las cuales fijan la chata *B* al invertido y al trozo de invertido correspondiente. En la parte superior de la chapa *B* existe una chapa horizontal *d* unida a la *B* por medio de las angulares *c c*.

En buques de grandes dimensiones se coloca una chapa horizontal *d'* entre la varenga y las angulares *b b* (fig. 20).

Como se ve, la estructura ahora descrita constituye una viga cuya forma es la de doble *T*, la cual está fijada por medio de cuatro remaches a cada varenga. Las angulares *b b* tienen los lados desiguales y los de mayor longitud se disponen en el sentido vertical, los *c c* tienen los lados mayores dispuesto en el sentido horizontal. Este tipo de sobre-quilla se extiende en toda la longitud del casco, y las piezas que la componen deben tener la mayor longitud posible. Dichas piezas se unen con cubre-juntas y con triple remachado, y con las juntas alternadas convenientemente.

En buques de pequeños desplazamientos las sobre-quillas encima de las varengas pueden constituirse como indican las figuras 21 y 22.

Este tipo presenta el inconveniente de no ser unido directamente con la quilla y con las varengas por lo que en

caso de choque estos últimos podrían deformarse con facilidad. Además constituye un obstáculo en la bodega.

Sobre-quilla intercostal o intercuadernal.

Este tipo de sobre-quilla resulta formado por una serie de chapas c (fig. 23) de forma rectangular colocadas entre las varengas en el plano de simetría Se llaman *intercostales* y están unidas a las varengas por medio de las angulares verticales d. Las angulares e unen las chapas c con las chapas f, las cuales están remachadas con las invertidas i_v y los trozos de invertidos i. Como se ve este tipo de sobre-quilla ofrece un medio muy bueno de ligazón entre las varengas. Queriendo aumentar la solidez de esta ligazón se puede agregar una chapa con nervio c' (fig. 24) o sea una chapa vertical c'' (fig. 25).

Sobre-quilla central continua entre las varengas. (Fig. 26)

En este caso la sobre-quilla está constituída por una chapa a continua en el plano de simetría, por lo que las varengas resultan formadas de dos piezas $(a\ a)$ unidas a la sobre-quilla por medio de cuatro angulares verticales d.

En algunos casos las chapas c tienen la altura de las varengas y entonces sobre las mismas será colocada una sola chapa y las angulares de unión estarán colocadas en la parte interior. Este sistema se puede reforzar empleando chapas con nervio.

Sobre-quilla laterales y del pantoque.—Estos dos tipos de refuerzos longitudinales pueden afectar las estructuras indicadas en las figuras 27 y 28. La primera formada con dos angulares remachadas a los invertidos y a los trozos de invertido en los lados horizontales. La segunda estructura es analóga a la de sobre-quilla central intercostal, pero tiene sólo una angular vertical.

Con el objeto de aumentar la resistencia longitudinal del casco y de acuerdo con el tamaño del buque se emplean además de los refuerzos descritos anteriormente, los llamados listones, y de acuerdo con la posición que ocupan se denominan listón del pantoque y listón de refuerzo de entrepuente.

Ambos pueden afectar la forma de las figuras 29 y 30.

Baos.—Extructura de los mismos.—Unión con las cuadernas

Varios son los perfiles de los hierros que se emplean en la construcción de los baos. El más simple, y que es el que se emplea en las superstructura y en las cubiertas forradas con planchas, es el hierro de ángulo.

La barra angular con medio nervio (fig. 31) se emplea como bao de refuerzo en las bodegas y en los locales de los aparatos motores.

El tipo representado en la (fig. 32) resulta más liviano que el anterior aun teniendo la misma resistencia.

La forma indicada en la (fig. 33) es más liviana que la de la (fig. 31) pero ofrece mayores dificultades para la unión con las cuadernas.

La estructura indicada en la (fig. 34) es muy usada; tiene poco peso y el material está lejos del eje neutro. Los Registros de Clasificación de buques dan las dimensiones de los baos de acuerdo con la longitud de los mismos.

Como ya se ha dicho los baos en general están curvados según un arco que se puede considerar una línea de parábola. Su flecha (vuelta del bao) es de $\frac{1}{48}$ a $\frac{1}{50}$ de la cuerda (línea recta del bao). Los baos pueden curvarse a frío o a caliente. La unión de los baos con las cuadernas tiene por fin principal el de impedir la invariabilidad del ángulo formado por la cuaderna y el bao. Estas uniones pueden ser hechas con escuadras de hierro aplicadas o con el mismo bao trabajado a la fragua. En el primer caso (fig. 35) la altura de la escuadra no debe ser menor de dos veces y media la altura del bao. En el segundo caso se procede de la manera siguiente:

Sea el bao de la forma *L* con nervio (fig. 36) la chapa *A* nervio se hace siempre pasar de la parte de la principal. La angular *d* se pasa en correspondencia de *l* invertido y la *d* en correspondencia de la principal. En la chapa *A* se practica un corte *a b c* luego a caliente se dobla la parte inferior y se agrega fraguada un trozo de chapa *a' b' c'* de espesor igual al de la chapa *A*.

Generalmente los baos están dispuesto a cada cuaderna alternada en el caso de que la cubierta sea forrado con planchas de hierro y con tablazón de madera. En el caso

de que la cubierta sea forrada solo con planchas, en cada cuaderna debe ser colocado un bao.

En muchos casos los baos de la bodega no reciben la tablazón y entonces ellos deben presentar mayor solidez, considerando también que para tener menor obstáculo en la bodega se aumenta la distancia que existe entre ellos. Estos baos se llaman *reforzados de las bodegas* y pueden afectar la forma representada en la figura 37.

Puntales macizos y huecos.—Unión de los mismos con los baos y con el fondo de la bodega

Los baos están unidos a las cuadernas por medio de las curvas y sostenidos en determinados puntos intermedios de su longitud, por medio de uno, dos, o tres puntales. Estos tienen por cometido:

1.º Oponerse a la acción flexora causada por los pesos que se encuentran sobre cubierta.

2.º Contribuir a aumentar la resistencia transversal funcionando sea a la compresión como así mismo a la tracción de acuerdo con la forma en que se hacen trabajar.

De lo expuesto se deduce que ellos trabajan como puntales y como tirantes lo que se debe tener en cuenta al establecer las uniones de sus extremidades.

Los primeros puntales empleados fueron de barras circulares macizas, a las extremidades de las cuales se les daba a la fragua la configuración necesaria.

Hoy día se emplean casi exclusivamente los puntales huecos o tubulares los cuales ofrecen mayor resistencia a la compresión y mayor resistencia en los accidentes a los cuales están sometidos a causa de la carga en bruto. Además son más livianos que los macizos.

El material que se emplea en la construcción de los puntales puede ser el hierro y el acero con igual diámetro, teniendo mayor espesor los primeros a igualdad de resistencia.

En los buques de formas especiales donde se emplean poco puntal se usan las formas indicadas en la figura 38.

Unión de los puntales.

Como hemos dicho anteriormente, las extremidades de los puntales macizos se trabajan a la fragua y se les da la forma que mejor convenga: en el caso de que se trate

de puntales tubulares las uniones se hacen separadas del cuerpo del puntal. Ellas pueden ser de hierro fraguado o de acero fundido y la forma que pueden afectar son iguales a la de los puntales macizos. El diámetro interno de estas uniones es igual al diámetro externo del puntal correspondiente, al cual van unidas con dos roblones remachados y dispuestos en forma de cruz (fig. 39).

A continuación se explican las varias formas de unión de las extremidades de los puntales:

Unión del extremo superior con un bao de forma de T.—Esta extremidad está achatada y adopta una forma especial de manera tal que puede recibir el nervio del bao y debe tener bastante superficie como para poder contener dos remaches de unión que lo liguen al lado vertical del bao. El eje del puntal debe corresponder al nervio vertical del bao (fig. 40).

Unión del extremo inferior con un bao a T con o sin nervio.—Esta extremidad tiene forma de pié dispuesto según el eje del puntal y se asegura al bao por medio de dos roblones remachados en las angulares (fig. 41).

Unión del extremo inferior con una sobre-quilla, continua encima de las varengas. — Las uniones están hechas de la misma manera que la anterior.

Unión del extremo inferior con una sobre-quilla, continua entre las varengas. Esta unión se efectúa como indica la figura 42.

Unión con el doble fondo.—Esta unión se hace como indica la figura 43.

En el caso de escotilla de grandes dimensiones se emplean los baos movedizos dispuesto en el lado longitudinal de las escotillas.

Ellos afectan las formas indicadas en las figuras 44 y 45.

En el caso que no todos los baos estén munidos de puntales se usa la estructura representada en la figura 46. Una barra a *T* o compuesta por dos angulares remachadas entre sí, constituye lo que se llama cuerda *E*. La misma está unida a los baos con trozos de angulares *c* y en cada dos baos están sostenidas por un puntal.

En las primeras construcciones se empleaba un solo orden de puntales dispuesto en el plano de simetría. Hoy día cuando la longitud del bao mayor sobrepasa cierto límite, se emplean dos o más hiladas de puntales dispuestos de manera de dividir la longitud del bao en partes iguales.

La disposición de estos baos sólo se refiere a la parte central del casco empleando sólo una hilada de puntales en las extremidades.

Si el buque tiene más de una cubierta los puntales de las mismas se pondrán en correspondencia entre ellos. De tal manera se obtendrá un medio de ligazón entre la cubierta superior y el fondo del buque (fig. 47).

En correspondencia de las escotillas no se pueden colocar los puntales, porque ellos presentarían un obstáculo en las operaciones de carga y descarga; para eliminar este inconveniente los puntales se colocan en correspondencia de los lados longitudinales de las escotillas, de acuerdo con las exigencias de los Registros de Clasificación.

Trancaniles

En correspondencia de cada cubierta y orden de baos, se extiende de proa a popa siguiendo el forro exterior, a babor y a estribor, una hilada de chapas que descansa sobre los baos.

Ellas forman los trancaniles cuya misión principal, especialmente en las cubiertas superiores, es la de constituir un sólido refuerzo en el sentido longitudinal. Es conveniente recordar que las hebras más cimentadas del casco (considerándolo como una viga) son las más lejanas del eje neutro de las secciones transversales, o sea las hebras más altas y las más bajas. Los refuerzos que en la parte baja del casco se obtienen con la quilla, sobre-quilla, aparaduras, tracas del fondo etc., en la parte alta están constituídos por medio de la cinta, trancanil, forro de las cubiertas, etc., y por lo tanto todas estas partes y en especial modo las que se encuentran en la cubierta alta deben ser de dimensiones suficientes como para poder soportar los esfuerzos de tensión y de compresión a los cuales estarán sometidos según la posición en que pueda encontrarse el buque sobre las olas.

Además de lo expuesto, el trancanil constituye un medio de unión de los baos con las amuradas.

Las dimensiones de las piezas que forman los trancaniles, las dan los Registros de Clasificación de Buques de acuerdo con los módulos del buque.

Las chapas que forman el trancanil deben tener la mayor

longitud posible, el canto externo se corta según la configuración de las amuradas, y el canto interior se deja rectilíneo. Las juntas de las cabezas se hacen normales a las amuradas, economizando de tal manera material, dado que las planchas se piden de forma rectangular. Las uniones de las planchas se pueden hacer a solape o a tope y en ambos casos el remachado debe ser por lo menos doble. Todos los trancaniles se extienden continuadamente de proa a popa, sin interrupción, cruzando también los mamparos estancos, salvo casos especiales.

El trancanil de babor y el de estribor de cada cubierta se unen entre sí a proa por medio de apropiadas planchas de unión llamadas *buzardas* (fig. 48).

A popa la unión está hecha por medio de cubre-juntas (fig. 49). Los trancaniles están remachados a todos los baos.

Los trancaniles pueden afectar diferentes disposiciones según la cubierta a que pertenezcan.

Tomemos en consideración los siguientes casos:

Cubierta inferior. (Fig. 50). — La chapa *A* del trancanil toca el forro exterior llevando para este fin cortes en correspondencia de las cuadernas a las cuales la chapa *A* viene unida con la angular *B* recibiendo un remache por cada invertido. Los *C* son trozos de angulares intercostales que sirven de unión entre la chapa *A* y el forro exterior.

Cubierta con castillete, casilla y otras superstructuras. (Fig. 50). — La cuaderna, superiormente al trancanil, está formada por el principal, pues el invertido concluye en la cara inferior del trancanil.

En este caso la plancha *A* presenta cortes limitados al solo efecto del pasaje del pricipal, y está unida al forro exterior con un trozo de invertido *D*.

Cubierta sin castillo, toldilla etc. (Fig. 52).—La chapa *A* llega hasta la cinta *E* sin corte alguno, pues las cuadernas concluyen por debajo de la misma. La *A* se une a la cinta por medio de la angular continua *F* la cual toma el nombre de angular del trancanil. A 30 o 40 centímetros desde la *F* se coloca la angular *C* que limita con la *F* la canal del trancarril, la que puede ser revestida de cemento con el objeto de servir de medio de conservación y también para dar la forma de cuneta y facilitar asi el deslizamiento del agua de la cubierta. Se puede prescindir del cemento siempre que sean calafateadas las juntas de las

chapas y los remaches. La angular *C* sirve de límte a la tablazón de la cubierta.

La angular *F* está munida de agujeros en correspondencia de los imbornales (fig. 53) y para poder hacer en esta posición la unión de la angular *F* con la cinta, al lado vertical de la misma se le da más amplitud fraguándole un trozo de acero.

Método para hacer estanco un trancanil.

En el caso que se trate de un trancanil de una cubierta inferior, se pueden tapar las aberturas en correspondencia de las cuadernas, llenando las mismas con cemento o con tacos de madera puestos con fuerza y después calafateados.

Otro método que suprime el cemento y los tacos es el siguiente (fig. 54):

Los trozos de angulares de unión de la chapa del trancanil con el forro exterior siguen el perfil de las cuadernas y sus cantos están calafateados. Este método es muy costoso y de difícil mano de obra.

Cuando las cuadernas están compuestas por una sola angular resulta fácil practicar los cortes en la chapa del trancanil de manera de hacerlo llegar hasta el forro exterior y también los trozos de invertido se trabajan mejor. Para impedir las filtraciones de agua entre el forro y el hierro principal, sin tener que recurrir al calafateo, se interpone entre ellos una lista de tela (stop-water para agua). En los casos que se suprimen los invertidos, los trozos de angulares se extiende desde una cuaderna a otra (fig. 55).

Las chapas que forman el trancanil están remachadas a todos los baos; en el caso que el intervalo entre los baos fuera de dos cuadernas entonces esas chapas están unidas a cada segunda cuaderna con una escuadra *F* (fig. 56) remachada a la cuaderna *A* y unida al trancanil *B* con una angular *C*. El trancanil se refuerza en su canto interior con la angular continua *A*. Algunas veces (fig. 57) se colocan unas angulares *B*, la inferior se interrumpe en cada bao y se da mayor solidez al conjunto mediante la chapa *C*.

Hiladas longitudinales de ligazón entre los baos.

Además de los trancaniles, los baos tienen como medio de unión otras ligazones dispuestas lateralmente a las escotillas (fig. 58) y que toman el nombre de *cuerdas de cubierta*. Ellas se emplean en los buques cuya cubierta está formada sólo con tablones: se remachan a todos los

baos y en las extremidades, se unen a los trancaniles por medio de cubre-juntas con doble hilada de remaches, figura 59. Las varias partes que constituyen las hiladas de las cuerdas de cubierta, se unen entre un bao y el sucesivo, para poder colocar la cubre-junta en la cara inferior de dicha hilada; en el caso contrario se obtendría en la tablazón un espesor menor.

Las dimensiones de las cuerdas las dan los Registros de Clasificación y nunca se exige un espesor superior al de las chapas del trancanil.

Bandas diagonales. En los veleros con cascos metálicos, se dispone sobre los baos, en correspondencia de la fogonadura de los palos una chapa *M* (fig. 58) llamada plancha de la fogonadura. Debe extenderse sea a proa como a popa de manera de apoyar sobre tres baos consecutivos y su ancho debe ser mayor del doble del diámetro del palo. Desde cada plancha, salen hiladas de chapas, las cuales se extienden hasta el trancanil uniéndose al mismo con cubre-juntas y formando un ángulo de 45° con el plano de simetría. Ellas se llaman *bandas diagonales*. En los buques de grandes dimensiones las diagonales se disponen como las que en la figura 58 se representan con trozos de segmentos y la unión con los trancaniles se hace como lo demuestra la figura 60.

Las diagonales se interrumpen en correspondencia de las cuerdas a las cuales se unen con cubre-juntas colocadas por la parte interior. Las diagonales se remachan en todos los baos que ellas cruzan. En los buques forrados de planchas no se exige el empleo de diagonales.

Cubiertas forradas con planchas.—Escotillas. Tablazón de las cubiertas.

En el caso en que la eslora supere ciertos límites como también en el caso en que la relación entre la eslora y el puntal es muy grande se forran las cubiertas con hiladas de planchas dispuestas en el sentido longitudinal y con los cantos paralelos al plano de simetría.

La unión de los cantos dispuestos en el sentido longitudinal se hace a solape (fig. 61) en el caso que se quiera adoptar también la tablazón de madera y en el que se quiera emplear sólo el forro de chapa las hiladas están

dispuesta a tingladillo como indica la figura 62 para facilitar el escurrimiento del agua. Algunas veces en las cubiertas forradas de madera las hiladas se unen a tope con simple cubre-juntas y con remachado sencillo dispuestas en la parte superior, (fig. 63).

Escotillas.

Consideremos la escotilla de una cubierta forrada de tablazón.

Los baos que limitan la escotilla en el sentido proa-popa supongámoslos formados por angulares *a*. A babor y a estribor se disponen dos planchas *B* simétricas y paralelas respecto al plano de simetría. Ellas se llaman *esloras de escotillas* y limitan la escotilla en el sentido transversal; se elevan sobre la cubierta a una determinada altura y se prolongan bajo la cubierta en una longitud igual al peralto de los baos. El canto inferior está munido de un hierro media caña con el fin de servirle de refuerzo en las operaciones de carga y descarga. En el sentido longitudinal las escotillas están limitadas por dos planchas *C* que se llaman *brazolas de escotilla*. Las *B* con las *C* están unidas entre sí por medio de cuatro trozos de ángulo *F*. Lateralmente a las escotillas en el sentido longitudinal corren las dos cuerdas *G* y en el sentido transversal corren dos planchas *H* las cuales tienen por cometido dar apoyo a las cabezas de la tablazón de la cubierta. Un hierro de ángulo *K* que corre alrededor de la escotilla une las *G* y las *H* con la eslora y con la brazola de la escotilla. Como la longitud de la escotilla en todos los casos es mayor que un intervalo de baos, los baos intermedios se unen a la chapa *B* con trozo de ángulo *V*.

El canto superior de la chapa *B* está reforzado por un hierro media caña puesto por el lado exterior. Interiormente se coloca una angular *Z* destinada a servir de apoyo a los tablones *(cuarteles)* de cierre de las escotillas. Una viga *N* llamada *galeota* dispuesta en el plano de simetría se extiende desde una extremidad a la otra de la escotilla sostenida en las *C* con apropiados apoyos formados por trozos de ángulos *M*. Los cuarteles se apoyan por un extremo sobre las *Z* y por el otro sobre un encastre especial practicado en la galeota. Están munidos de anillos para poderlos manejar.

Los cuarteles quedan cubiertos por una lona afirmada dentro de apropiados galápagos *S* (fig. 65), con tornillos

que hacen presión no sobre la lona sino sobre un trozo de hierro *L*.

Habiéndose observado que en las operaciones de carga y descarga el gancho de la cadena del guinche se agarra en la angular *Z* se ha pensado en eliminar este inconveniente haciendo apoyar los extremos de los cuarteles como indica la figura 66.

En el caso que la cubierta sea forrada de hierro entonces no existen las planchas *G*.

Superstructuras

Las escotillas de las máquinas y de las calderas serán protegidas por los guarda-calores y lumbreras correspondientes, los cuales se extenderán desde la cubierta forrada más baja, hasta, por lo menos, a metros 2.10 sobre la cubierta alta. Las chapas que lo forman están reforzadas con hierro de ángulo y las partes superiores serán reforzadas con baos Las aberturas en correspondencia con los locales del aparato motor deben ser de regulares dimensiones para poder sacar las calderas en caso de deberlas cambiar; y como no es conveniente dejar los baos interrumpido (fig. 67) se agregan baos de dimensiones menores llamados barrotines, los cuales reducen la abertura *A B C D* en la *a b c d*. Estos barrotines se deben poder quitar con facilidad; por cuya causa se montan con tornillos.

Escotillas blindadas y enrejadas.

Las escotillas practicadas en las cubiertas protectoras para comunicación, conviene tenerlas cerradas en momentos de combate, por medio de tapas del mismo espesor de la cubierta correspondiente, que generalmente son a visagras. Las aberturas que no sirven para bajadas, como las de carboneras, se cierran generalmente con tapas que funcionan como puertas de corredera. El cierre se efectua desde un sitio conveniente fuera de la carbonera, por medio de una transmisión aparente para ese fin.

Las tapas de escotillas usuales en las cubiertas protectoras, son de visagras (fig. 68) y se manejan desde la bajada. Análogas tapas se emplean para escotillas de torpederos. Las tapas de escotillas para comunicación van provistas de contrapesos a fin de que puedan levantarse fácilmente.

En la cubiertas blindadas, cierto número de aberturas han de estar expeditas aun en combate; por ejemplo: las de los conductos de humo y ventiladores que van provistos de blindaje enrejado. La figura 69 muestra la disposición

correspondiente a un pozo de escotilla de ventilación. Se divide el hueco en un cierto número de espacios rectangulares por medio de barrotines formados por angulares de manera de dar apoyo a las rejas como se indica en la figura 69. Algunas veces estas rejillas van provistas de tapas para que no puedan levantarse; otras, en cambio, que sirven de comunicación, llevan visagras y contrapesos para facilitar su manejo.

Sobre los locales de las máquinas es necesario suplir el blindaje, con enrejado de redes metálicas colocado a 30 centímetros por debajo de aquél, a fin de impedir que los cascos o astillas que pudieran pasar por los claros del enrejado ocasionen averías en la máquina.

Fogonadura de los palos

Las aberturas practicadas en la cubierta para el pasaje de los palos llámanse *fogonaduras*, ellas están destinadas a que los esfuerzos que experimenta el palo sean soportados por varios baos. Uno de los sistemas más usados para la estructura de una fogonadura es el representado en la figura 70.

Se disponen las longitudinales, como en el caso de formar una escotilla y se remachan dos chapas, una en la parte superior del bao y la otra en la parte inferior del mismo. Un cilindro de chapa de diámetro igual al del palo y de las cuñas, está remachado a las dos chapas por medio de dos angulares.

Tablazón de las cubiertas

Las tablas que forman la tablazón de las cubiertas apoyan directamente sobra los baos, o sobre las chapas, en el caso de que la cubierta sea forrada con planchas. Las tablas se disponen en el sentido longitudinal con las costuras paralelas al plano de simetría; no deben tener un ancho mayor de 15 centímetros con el objeto de obtener una cubierta más elástica y más estanca que empleando tablas de mayor ancho, las cuales estarían expuestas mayormente a las contracciones producidas por los diferentes cambios de temperatura.

La madera que se emplea en general es el pino esprús y en las construcciones de lujo se emplea el teak. Las tablas de la tablazón se afirman en cada bao con tornillos (fig. 71) puestos por la parte superior de la tablazón y embutidos en la misma unos 15 o 20 milímetros (fig. 72). Los agujeros de los baos son practicados con anterioridad y si se trata de un bao a *T* simple o compuesto, los agujeros

deben ser practicados alternativamente a la derecha y a la izquierda en el canto vertical con el fin de no debilitar mucho uno de los dos horizontales del bao. Presentada la tabla sobre los baos se practica en la misma un agujero en correspondencia de cada uno practicado en el bao, luego se introduce el tornillo embebido de mastic de minio con el objeto de impedir que el agua pueda filtrar por debajo.

Sobre la cabeza del tornillo (fig. 72) se introduce un tapón de madera de la misma calidad de la tablazón, embebido en mastic de minio y dispuesto con las hebras en el sentido longitudinal de manera de quedar parejo con la tablazón.

Se emplean estos tapones cilíndricos con el fin de impedir el pasaje del agua al interior de la bodega y también para que resulte uniforme el consumo de la tablazón. Las cabezas de los tornillos se embuten en la madera para permitir el desgaste natural de la tablazón.

Los tornillos que se usan no superan en diámetro los 15 milímetros; inferiormente a la cabeza tienen una parte de sección cuadrada que queda encastrada en la madera impidiendo así que el tornillo pueda girar cuando se aprieta la rosca.

Son de hierro galvanizado y en las cubiertas forradas con chapas, ellos se atornillan a las planchas en el intervalo que existe entre un bao y el sucesivo.

Si el bao es suficientemente ancho se hacen concluir las cabezas de las tablas de la tablazón sobre el mismo bao (fig. 72) y unidas al mismo con dos tornillos. Si el bao es muy angosto y no se pueden emplear los dos tornillos las uniones de las cabezas de las tablas se hacen con empalme (fig. 73).

En todos los casos la disposición más conveniente es la indicada en la figura 74.

Se remacha sobre el bao una chapa de ancho igual al de la tabla y que sobresalga en el sentido proa-popa unos 20 ó 25 centímetros. Las cabezas de las tablas se hacen concluir en correspondencia de la mitad del bao y los tornillos se fijan a la chapa, obteniendo de tal manera mejor apoyo de la tablazón y los agujeros no se encuentran muy cerca de las cabezas de las tablas.

Si la tablazón concluye a cierta distancia de la amurada, las tablas que se encuentran sobre la chapa trancanil

deben tener menor espesor que las otras con el fin de que la superficie de la cubierta resulte pareja (fig. 75).

Las tablas *A* y *B* (fig. 75) en las extremidades de la cubierta encuentra la angular *F* con un ángulo muy agudo por lo que las cabezas de las tablas se rompen fácilmente en la operación del calafateo. Para eliminar este inconveniente, contra la angular *F* (fig. 76) se apoya una tabla *H* llamada del trancanil en la cual se practican dientes de forma especial en los que concluyen las tablas de la cubierta sin ser necesario darle la forma aguda de la figura 75.

Las considerables variaciones de dilatación que experimentan los forros de las cubiertas más altas por efecto de los cambios de temperatura externa y también por la temperatura adyacente a los guarda-calores, chimenea, etc., ha inducido a muchos constructores a establecer sobre estas cubiertas partes de discontinuidad en el forro, las cuales permiten todas las dilataciones longitudinales que experimenta la cubierta, sin trasmitirlas a las otras estructuras.

La figura 77 es una sección longitudinal en la cual *C* es una canal de desahogo que lleva a los imbornales el agua que puede filtrar en la guarnición del cuero.

En la Marina de Guerra ha disminuído mucho el empleo de la madera para cubiertas de los buques, por la facilidad con que se incendian en los combates. Ahora sólo se revisten de madera las cubiertas superiores, cámara del Almirante, de Oficiales, pisos de pañoles, de pólvora, etc.

Las costuras y topes de las tablas de la cubierta se calafatean para hacerlas estancas. Las costuras deben cerrar por el interior y abrir por el exterior y se rellena bien el hueco con estopa, de modo que ésta llegue hasta el fondo de la costura; finalmente, se alquitrana, y si el trabajo se ha hecho con esmero, debe quedar la cubierta perfectamente estanca.

Linoleum

El linoleum reemplaza ahora con preferencia al forro de madera en cubiertas y pisos. Todas las juntas del revestimiento de planchas se hace a tope, de modo que no haya resalte alguno en la superficie superior y con las cubre juntas longitudinales y trasversales sobre la inferior. La cubierta alta de los caza-torpedos se revisten generalmente de linoleum.

Se coloca directamente sobre la superficie de las planchas a las cuales se adhiere por medio de una solución de

laca de naranjo y alcohol metílico y después se enmasillan los bordes. En las bajadas y sitios de mucho tránsito se refuerza la sujección por medio de verduguillos de hierro sujetos con tornillos a las planchas. El procedimiento más reciente es el de fijar sobre la cubierta tiras metálicas formando rectángulos, dentro de los cuales se coloca el linoleum. Cuando se trata de una cubierta de poco espesor, como la de un caza-torpederos, las tiras metálicas se sujetan a la cubierta con pernetes provistos de tuercas y arandelas e intercalando una vuelta de cáñamo entre la arandela y la cubierta.

Cubiertas de protección

En los buques de guerra, se designan con el nombre de cubiertas de protección a las que están reforzadas con dos o más hiladas de chapas superpuestas y con todas sus juntas colocadas a tope.

Las cubiertas de protección pueden ser planas o a lomo de tortuga y pueden estar situadas por debajo o superiormente al nivel del agua. Las formas que más generalmente se usan en los puentes de protección es la indicada en la figura 78.

Se llaman cubiertas acorazadas las que sobre una o dos hiladas de chapas llevan corazas superpuestas entre ellas. La formación de estas cubiertas no difieren sustancialmente de las ya descriptas.

Forro exterior

El forro exterior además de constituir el medio que hace estanco al buque, concurre a la resistencia del casco en el sentido longitudinal. Está formado por unas series de planchas dispuestas en el sentido longitudinal y remachadas con el lado longitudinal del hierro de ángulo principal. La unión de los cantos longitudinales y transversales pueden ejecutarse empleando los métodos que explicamos a continuación:

Disposición de las varias hiladas en el sentido longitudinal.

En las primeras construcciones se disponían las chapas de las diferentes hiladas de manera que la parte superior de las mismas apoyaran sobre las cuadernas y la parte inferior estaba superpuesta a las chapas de la hilada que la seguía. En esta disposición llamada *tinglado* o *a esca-*

lón (fig. 79) se necesitan planchuelas de relleno de forma de cuña que se colocan entre las chapas y las cuadernas con el fin de que los remaches no queden en falso. Esta operación es muy larga y costosa por lo que se han sustituído a las planchuelas de relleno, trozos de planchuelas (fig. 80) de altura conveniente que se colocan en correspondencia de cada remache. Mucho más simple resulta la disposición que en general se usa actualmente llamado a superposición o a doble escalón.

En este caso una traca apoya en toda su altura en las cuadernas y la sucesiva tiene una distancia de la cuaderna igual al espesor de la primera hilada. Para que los remaches puedan trabajar bien es necesario colocar entre las hiladas superpuestas y la cuadernas, unas planchuelas de relleno de espesor igual a las hiladas adherentes; de ancho igual al lado longitudinal del hierro de ángulo principal (fig. 81) y el alto debe ser igual a la distancia que existe entre los cantos *m*, *n* de las dos hiladas adherentes.

Con el fin de eliminar completamente las planchuelas de relleno se empleó el sistema indicado en la figura 82. Todas las tracas deben estar adheridas a las cuadernas, lo que se obtiene doblando todo cuanto sea necesario los cantos de las hiladas que en el caso descrito anteriormente serían superpuestos. Esta operación resulta muy difícil, aunque las chapas se doblen con máquinas especiales, y también resulta muy costosa por la razón de tener que calentar los extremos de las chapas para poderlas doblar. La unión representada en la figura 83 se emplea en construcciones de lujo y en buques de guerra. La superficie exterior del forro resulta completamente lisa y la unión de las hiladas se hace a tope, necesitando por lo tanto cubre-juntas internas. Ellas pueden ser continuas (fig. 83) o intercostales, (fig. 84).

En el primer caso las chapas del forro no apoyan directamente en las cuadernas; pero distan de las mismas de una cantidad igual al espesor de las cubre-juntas *K*. Es necesario, por consiguiente para efectuar el remachado del forro, interponer sobre las cuadernas y entre las cubre-juntas una planchuela de relleno *c* la cual tendrá un ancho igual al del lado longitudinal de la cuaderna y un espesor igual al de las cubre-juntas. En el segundo caso las chapas del forro exterior son adherentes a las cuadernas y las cubre-juntas intercostales o sea formadas por tro-

zos de planchuela de forma rectangular limitadas entre una cuaderna y la sucesiva. Estos dos últimos sistemas son poco usados por la razón de que se necesita mucha mano de obra y presentan dificultades para poder efectuar un buen calafateo.

En los buques de guerra acorazados el forro exterior por debajo de las corazas, está formado por dos capas de chapas con las uniones alternadas, las chapas de una capa hacen de cubre-juntas a las de la otra y resulta que la superficie externa del casco es completamente lisa.

Unión de los topes o cabezas de las chapas que forman el forro exterior.

Esta unión se puede efectuar de dos maneras distintas, o sea empleando los sistemas llamados *a paro* o *a solape*.

Unión a paro de los topes.—En las primeras construcciones metálicas se hacía la unión de las cabezas por medio de cubre-juntas internas con simple remachado, luego aumentando las dimensiones de los cascos se pasó al doble, al triple y también al cuádruple remachado, y también debido a la causa ya citada se emplean hoy día doble cubre-juntas las cuales son más eficaces por la razón de que cada remache resiste con dos secciones de corte.

Si se emplea una cubre-junta interna, se hace concluir el tope en la mitad del espacio comprendido entre dos cuadernas. Las cubre-juntas *K* de las hiladas adherentes como *a* (fig. 85) se hacen altas como la misma hilada. Las cubre-juntas *K'* de las hiladas superpuestas *b* tienen una altura igual a la de las planchuelas de relleno de las cuadernas, de manera que ellas quedan entre los cantos de las hiladas sucesivas.

Unión a solape de las cabezas de las chapas que forman las hiladas del forro exterior.—Hace aproximadamente veinte años que en Inglaterra se ha empezado a emplear el sistema llamado a solape o a superposición para la unión de las cabezas de las chapas que forman el forro exterior.

Los escalones están dispuestos hacia popa para disminuir la resistencia del buque al movimiento; se hacen concluir entre los intervalos de las cuadernas.

La unión de las chapas que forman la quilla chata se hace siempre con cubre-juntas y nunca por superposición, por la razón de que resultaría muy difícil obtener una buena sistematización de las angulares de la sobre-quilla.

Influye mucho en la resistencia longitudinal del casco la distribución de los topes o juntas transversales de las cha-

pas. Son puntos de relativa debilidad y si no se distribuyen de un modo uniforme las juntas de la estructura longitudinal quedarían unas secciones transversales más débiles que otras. Para las planchas del forro exterior se especifica que en cada claro de cuaderna no habrá dos topes consecutivos con menor intervalo que dos tracas de planchas. La figura 86 demuestra como se deben distribuir las cabezas de las hiladas del forro exterior.

Estremidad de las hiladas

En las extremidades de proa y de popa las planchas del forro deben encontrar sin planchuela de relleno las superficies continuas del codaste y de la roda.

A tal objeto el espesor de las chapas en esa posición está disminuído en una longitud igual a la de la superposición de manera de formar sobre la roda o codaste una superficie continua, como lo demuestra la (figura 87). En general los buques de guerra tienen hacia cada extremidad, en la parte que se encuentra por debajo del agua, cierta porción del forro exterior compuesta por dos hiladas superpuestas. A proa este método aumenta la resistencia al choque y a popa aumenta la resistencia del macizo de sostén de las hélices del timón, etc.

Como por las formas de la carena las hiladas disminuyen en altura desde la sección maestra a las extremidades, donde se reducirían a mucha angostura se recurre a este método alargando las chapas de las hiladas adherentes y las de las hiladas superpuestas, hasta tanto que las chapas de cada hilada constituyan un revestimiento continuo. Una solución a la cual se ha recurrido es la que se representa en la figura 88. A la izquierda de la figura se ven las hiladas alternativamente adherentes y sobrepuestas; a la derecha se ve que las chapas de cada hilada forman un revestimiento completo.

Muchas veces en vez de cortar las chapas según arcos de circunferencia, las chapas de cada hilada se reducen en número y se ponen en contacto entre si, mediante disposiciones como la representada en la figura 89 en la cual la parte *a* a la derecha de *A B* representa el forro compuesto de dos tracas, al mismo tiempo que las hiladas en número de ocho se reducen a cinco.

Espesor, remachado y calafateo del forro exterior

El espesor de las chapas para las construcciones de la marina mercantil está establecido en las tablas especiales que dan los Registros de Clasificación. Los espesores mayores son los de la cinta y de la quilla chata. Tienen más espesor que las de otras hiladas, las tracas de la aparadura y de los pantoques. Desde el medio a las extremidades del buque el espesor de las chapas puede disminuir gradualmente de 2 a 3 milímetros.

Para dar una idea de los espesores del forro exterior de los buques de guerra, diremos que en las grandes naves se encuentran espesores de 16 a 20 milímetros, en los cruceros de 12 a 15 milímetros, en los buques pequeños de 7 a 9 milímetros. Sólo en cascos muy livianos como los de los torpederos se emplean espesores menores. Cada una de las costuras longitudinales sea a tope como a solape, van remachadas con una o dos hiladas de remaches de acuerdo con el tamaño del casco. El remachado de las cubre-juntas verticales se efectúa con dos o tres hiladas de remaches según que el remachado de las costuras sea a simple o a doble remachado.

Los bordes de las chapas deben ser trabajados con proligidad debiendo ellos ser calafateados. Si se quiere obtener un trabajo bien concluído es conveniente trabajar los cantos de las chapas con la cepilladora después de haberlos cortados con las tijeras. De la misma manera se aconseja efectuar la perforación con el taladro mejor que con el punzón, o si no punzonar los agujeros con un diámetro un poco más pequeño del real y después completarlos con el taladro hasta llevarlos al diámetro difinitivo.

La mayor parte de las chapas del forro exterior, debiendo tener curvas pequeñas pueden ser trabajadas en frío; las quillas chatas, las aparaduras, algunas de las chapas de popa y las que recubren el pasaje de los ejes de las hélices se deben trabajar en caliente.

Quillas de balance. Las quillas de balance se fijan normalmente al forro exterior y en la mayor curvatura del pantoque. En general, se extiende por mitad de la eslora en la parte central del casco teniendo un ancho máximo de un metro en los buques de gran tamaño. La figura 90 representa la quilla de un buque de pequeñas dimensiones. Está formada por una

planchuela con nervio, fija al forro por medio de dos angulares.

Para buques de dimensiones mayores, además de la planchuela con nervio, se colocan dos planchuelas laterales; todo el conjunto se fija al forro con dos angulares (fig. 91). La figura 92 representa un tipo de quilla de balance muy resistente y adaptable para los buques de gran tamaño. Está constituída por una planchuela con nervio, dos planchuelas laterales y dos angulares. La sección tiene forma de *V*.

Mamparos estancos

La subdivisión interna del casco de un buque puede considerarse como uno de los principios fundamentales en la construcción naval metálica, pues ella es una de las razones de su flotabilidad en caso de averías que pudieran producirse en la nave. En los buques mercantes estas subdivisiones pueden ser formadas por medio de los mamparos estancos y con el empleo de los dobles fondos. En los buques de guerra, además de lo expuesto existen zonas compuestas por células estancas las cuales se encuentran a la altura de la línea de flotación.

Hablemos ahora de los mamparos estancos a los cuales pueden considerarse como paredes verticales formadas de chapas, bien remachadas y calafateadas. Ellas subdividen el interior del casco en un determinado número de locales estancos de manera que al inundarse uno de ellos el agua no se comunica a los otros. Además los mamparos estancos contribuyen a aumentar la resistencia de la estructura en el sentido transversal: en caso de incendio realizan el aislamiento y facilitan la extinción del fuego y finalmente sirven como medio de división de los locales que tienen diferentes destinos y que deben estar separados uno de otro como bodegas, local del aparato motor, municiones, etc.

Para que los mamparos desempeñen ventajosamente su cometido, es necesario: 1.° que los mismos se extiendan desde el fondo del casco hasta una determinada altura sobre la línea de flotación; 2.° que no tenga ninguna comunicación que no esté munida de puertas estancas. Todo esto determina un gran inconveniente pues obstaculiza la circulación para los diferentes servicios que se deben desem-

peñar a bordo. Además las subdivisiones reducen los valores de la higiene en los locales que se encuentren bajo las cubiertas, dado que en ellos la circulación del aire se realiza con dificultad.

En los locales del aparato motor, en los cuales las calderas y máquinas están casi siempre en funcionamiento, se produce una elevación de temperatura que se irradia a toda la bodega subdividida en un gran número de compartimentos y en algunas ocasiones dicha temperatura en éstos llega a rebasar los límites tolerables, dada la buena conductibilidad calórica de todas las partes que componen el casco y la dificultad en conseguir una corriente de aire considerable entre dichas subdivisiones.

La ventilación natural que se obtiene en general por medio de ventiladores que recogen el aire y lo mandan a las bodegas, en la mayoría de los casos es insuficiente y se debe, en consecuencia, recurrir a la ventilación artificial, obtenida por medio de ventiladores a vapor o eléctricos.

Todos los inconvenientes expuestos precedentemente, se encuentran compensados por las ventajas obtenidas a favor de la seguridad del buque, que lo coloca en condiciones de poder flotar aun cuando tenga inundados algunos compartimentos. Esta seguridad, sin embargo, no es absoluta, dado que si el número de locales inundados es muy grande, la nave puede perder su flotabilidad.

Los mamparos estancos pueden ser transversales o longitudinales de acuerdo con la circulación de los mismos, o sea paralelos o normales al plano de simetría.

Los primeros se emplean en los buques de guerra y mercantes y los segundos se emplean sólo en los buques de guerra.

El número de los mamparos en los cascos debería ser tan elevado, que los mismos pudieran subdividir el volumen interior en un gran número de compartimentos con el objeto de que inundándose uno de ellos, quede la nave en condiciones de poder seguir navegando.

Conviene que los compartimentos más cercanos a las extremidades sean los más pequeños, por la razón de que los mismos, una vez inundados, influyen notablemente en el cambio del arreglo longitudinal del buque. En los buques de guerra, aunque dos compartimentos consecutivos sean inundados, no deben impedir la navegación del buque.

Los Registros de Clasificación de buques, dan, con res-

pecto al número y a la posición de los mamparos, las siguientes disposiciones:

1) Todo buque tendrá un mamparo estanco llamado de abordaje, el cual distará de la roda $^1/_{14}$ de la eslora del buque.

2) En los buques a vela, que tienen colocadas a popa bombas para la aspiración desde la mar, además del mamparo de abordaje, tendrán un mamparo estanco, situado a proa de dichas aspiraciones.

3) Los buques a vapor, además del mamparo de abordaje, tendrán un mamparo estanco a proa y otro a popa del local del aparato motor; dichos mamparos llegarán hasta la cubierta principal.

4) En los buques a hélice, tendrán, además de los ya descritos, un mamparo estanco en la extremidad proel del túnel del eje de la hélice. La misma se extenderá hasta el límite exigido para los mamparos estancos correspondientes al local del aparato motor, o se podrá hacer llegar a una altura menor, cuando esté unida a popa con una tapa estanca de chapas, de manera de formar en la parte inferior de la popa un compartimento estanco y poder visitar el interior del mismo. Dicho mamparo se llama de prensaestopa.

5) En los buques de vapor, cuya eslora sea mayor de 80 metros, tendrán un mamparo estanco situado a ia mitad de la distancia que existe entre el mamparo de abordaje y el que haya a proa de las calderas, el que se elevará hasta la altura ya establecida para los mamparos correspondientes al local del aparato motor.

6) En los buques cuya eslora sea mayor de 100 metros, habrá otro mamparo estanco situado a la mitad de la distancia que existe entre el mamparo que se encuentra a popa del local del aparato motor y el mamparo del extremo de popa.

7) La distancia entre dos mamparos estancos consecutivos, en los buques movidos por un aparato mecánico, no deberá superar los 20 metros.

Los buques mercantes subvencionados por los gobiernos para el servicio postal, deberán responder a la condición de poder navegar con un local cualquiera en comunicación con la mar y de poder flotar, aun teniendo inundados dos compartimentos contiguos. Para mejor ilustración la figura 92 da una idea de la distribución de los principales mam-

paros de un gran transatlántico, en la cual *M* indica los locales de las máquinas; *N*, los locales de calderas; *C*, las carboneras; y *p*, el mamparo de abordaje.

La figura 93 representa un corte transversal de un buque con sus correspondientes mamparos.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que si todos los buques, ya sean ellos a vela o a vapor, estuvieran provistos de gran número de mamparos estancos, los siniestros marítimos disminuirían en gran escala.

La eficacia de los mismos está demostrada con el ejemplo del caso que le pasó al vapor «Arizona». Este buque que figuró durante algunos años entre los más veloces en la carrera Liverpool-New-York, chocó en tiempo de neblina, con un iceberg. El encuentro fué tan violento que la proa se destrozó en forma tal, que las chapas que la integraban se deformaron abriéndose a la manera de labios enormes. Sinembargo el mamparo de abordaje quedó en perfecto estado y el «Arizona» continuó navegando sin otro inconveniente que el de una velocidad reducida.

Los mamparos transversales, que no presentan inconvenientes en la distribución de los espacios internos en los buques de pasajeros, representa un inconveniente en los buques destinados exclusivamente para carga, en los cuales las pequeñas subdivisiones hacen incómodas las operaciones de carga y descarga de las mercaderías.

Los compartimentos no son todos iguales; los del centro son los más grandes. Muy importantes, como ya hemos dicho, son los extremos de proa, porque cuando ellos están llenos constituyen un serio trastorno que afecta a las cualidades náuticas de la nave haciendo sumergir la parte anterior y emerger la parte posterior, colocando en esa forma en malas condiciones el medio de propulsión.

Los mamparos longitudinales presentan el inconveniente de que llenando un compartimento lateral es natural que el buque se incline hacia esa banda. De lo expuesto, se deduce: que los mamparos, sean transversales como longitudinales, deben ser muy altos y llegar además hasta la cubierta principal. En caso contrario, es menester construir una cubierta sobre el compartimento que se quiere considerar estanco, de manera que se pueda formar una especie de caja estanca.

El aparato motor, en los buques de guerra, es un elemento muy importante; por lo que, en la subdivisión inter-

na de la nave, se debe tener por base el mismo aparato motor. En el caso que el buque tenga una sola máquina, ella está puesta en una cámara cerrada por dos mámparos estancos; en caso de dos máquinas, es diferente la disposición: según sean ellas verticales u horizontales. Si son verticales, pueden estar reunidas en una sola cámara, o en dos cámaras divididas por el plano de simetría; si son horizontales, en general, se ponen en dos cámaras, cada una de las cuales ocupa toda la manga de la nave; en este caso, el eje de la máquina proel, cruza el local de la máquina popel. Las calderas están dispuestas en varios grupos en compartimentos separados, los que pueden encontrarse a proa y popa del local de máquinas y, sus correspondientes cámaras, pueden ser divididas por mamparos longitudinales. Las figuras 94 y 95 representan las subdivisiones que experimentan dos buques de guerra.

Estructura de los mamparos estancos.

En el caso de que el casco no tenga doble fondo, la varenga de la cuaderna que corresponde a un mamparo estanco debe tener una altura mayor que las otras varengas y sus cantos superiores deben ser rectilíneos y horizontales con el fin de poder hacer estanco el pasaje de la sobrequilla en esa posición.

Los mamparos están formados por varias hiladas de chapas que casi siempre están dispuestas en el sentido horizontal para que sea posible dar mayor espesor a las chapas inferiores, las cualas, en caso de inundación, deben soportar mayor presión.

Los cantos de las distintas hiladas se unen a solape con simple remachado, usando el doble remachado sólo en la unión con la varenga. Las chapas de cada hilada se unen entre ellas con simple remachado a solape o a tope. En el primer caso, sobre los cantos de las chapas en correspondencia de las uniones, en las cuales se superponen tres espesores, se estirará a cuña la chapa intermedia, para evitar los escalones qua se formarían. La unión de los mamparos estancos con el forro externo, se hace mediante dos angulares (fig. 96), cuyos lados son iguales al lado menor del hierro de ángulo principal; entre ellos queda el canto del mamparo. De esta manera se obtiene una unión muy resistente, lográndose también una buena retención restanca. Además, en correspondencia de estas dos angulares, se de-

ben estirar, á cuña, los cantos de las chapas que forman el mamparo.

El paso de los remaches de unión de las chapas de los mamparos estancos con las cuadernas, es 7 diámetros en las cuadernas de tipo común, mientras que el diámetro de los remaches de unión de los mamparos con el forro exterior, debe ser de un paso igual (o menor) a 4 ½ diámetros, para que se pueda obtener una buena retención estanca. De lo expuesto, se comprende: que dada la pequeña distancia entre los remaches, la unión de los mamparos con el forro exterior, produce una línea de debilitamiento sensible en la sección transversal del casco correspondiente a cada mamparo, si se tiene en cuenta que en dicha zona existen dos hiladas de agujeros muy cercanas una de la otra. Para compensar en parte este debilitamiento, se emplean apropiadas franjas de chapas, colocadas en correspondencia de las hiladas superpuestas del forro. Estas franjas, (fig. 97) tienen un ancho por lo menos, de una vez y media el intarvalo que existe entre las cuadernas y por la forma que se les imprime, se llaman *chapas diamante.*

Refuerzos de los mamparos

La resistencia de los mamparos estancos debe ser suficiente como para poder soportar la presión que sobre ellos ejerce el agua cuándo el local que ellos determinan se halla inundado. En caso contrario las costuras se deformarían y el agua pasaría a los locales sucesivos. Para dar más solidez a los mamparos, se emplean especiales refuerzos (fig. 96), dispuestos unos, en el sentido horizontal, y otros, en el sentido vertical, respectivamente sobre ambas caras del mamparo.

Los refuerzos dispuestos en el sentido vertical, están formados por angulares iguales a las principales, cuya distancia entre ellas debe ser de 75 centímetros.

En la cara opuesta se colocan los refuerzos horizontales formados por angulares que distan entre sí, 1 metro 25 centímetros.

Unión de los mamparos con las cubiertas.

Si la cubierta inferior está forrada de madera, los mamparos continúan sin interrupción y las cabezas de los tablones están sostenidas por dos chapas *B* (fig. 98) fijas a los mamparos con dos angulares *B*. Si la cubierta está forrada con planchas, los mamparos están cortados en correspondencia de los mismos, por la razón de que es más im-

portante la continuidad de una cubierta. Si no existe cubierta inferior y hay un orden de baos reforzados, se coloca una chapa horizontal S (fig. 99) de un ancho igual a un intervalo de cuaderna y unida al mamparo con una angular L. La chapa S se extiende hasta los trancaniles M (fig. 100) y unida a los mismos con escuadras de chapas P.

La unión de los mamparos con los dobles fondos, se tratará cuando hablemos de estos últimos.

Pasaje de los refuerzos continuos en los mamparos.

Para que los mamparos estancos puedan desempeñar su cometido, deben, como su nombre lo indica, ser perfectamente estancos.

Para lograr tal fin, se dará al remachado un paso igual a 4 diámetros y los refuerzos longitudinales del casco que deberán atravesar los mamparos, tendrán, en correspondencia de estos pasajes, el medio de retención de agua que está representado en la figura 101. Está compuesto por un trozo de hierro ángulo que acompaña el perfil de la pieza que debe cruzar el mamparo.

Así un lado apoya y está unido al mamparo y el otro apoya y está unido a la pieza.

Pruebas de los mamparos estancos.

Para asegurarse de que los mamparos estancos tienen la debida resistencia e impermeabilidad, se someten a pruebas prácticas que consisten en llenar de agua los varios compartimentos verificando si se produce pasaje de agua a los compartimentos adyacentes.

Si se encuentran algunos pasajes se deberá cambiar remaches, recorrer el calafateo o se agregarán refuerzos.

Estas pruebas se hacen solo en los mamparos de abordaje y en el compartimento del extremo de popa en los lugares de la hélice.

Para todos los otros compartimetos se considera suficiente constatar si el calafateo es bueno lo que se hace mandando sobre las varias partes de los mamparos chorros de agua mediante bombas que funcionan a vapor o a electricidad.

Para mayor ilustración de la extructura de un mamparo estanco, estúdiese la figura 103 que representa uno de los mamparos estancos centrales de un gran transatlántico.

Buques de guerra.—El tiro rápido de las armas modernas, hoy ya no amenaza las partes bajas del casco, sino

las partes altas del mismo. Después de haber disminuido, en lo posible, el efecto del tiro rápido con una coraza adecuada, se busca ahora la forma de limitar la falta de estabilidad resultante en una perforación local; con el fraccionamiento de los locales superiores. Se ha recurrido para realizar tal fin a los cofferdam. A los costados de la nave sobre la cubierta acorazada y en correspondencia del ángulo formado por la misma con la amurada, se ha colocado una hilada de cajas cerradas y vacías, las cuales funcionan como depósitos celulares Imaginemos que el agua externa esté en comunicación con la parte central de la cubierta, la fuerza de inercia de los depósitos celulares amortigua en gran parte la acción del agua perturbadora de la estabilidad. Dos o tres depósitos lesionados no afectan en nada la eficacia de su inercia colectiva. Se ha pensado en su origen en llenar estos depósitos de celulosa, que es la corteza del coco desmenuzada e intimamente mezclada con la pulpa, y que tiene la propiedad de aumentar considerablemente su volumen al ponerse en contacto con el agua, gracias a esta circunstancia, se prevenía la inundación proveniente de la perforación del cofferdam por un proyectil. La experiencia confirmó después la teoría. En la batalla del Yalú, el guarda costa japonés Itsukushima ha tenido una amurada en correspondencia de la linea de flotación, atravesada por un proyectil de 152 milímetros, el agua entró por la falla, pero la celulosa operó de manera tan eficaz que la tripulación se dió cuenta de lo que había pasado solo después del combate. Por el contrario el crucero Ioshino no protejido por la celulosa ha debido soportar muchos trastornos a causa de averías producidas por los proyectiles; el agua penetró en las carboneras llegando hasta las cámaras de las calderas y se ha debido sacar el carbón y buscar la falla para obturarla.

Con los explosivos modernos, la celulosa está considerada perjudicial en su aplicación, por lo que, el uso de la misma, fué completamente proscrito. Y en efecto la celulosa se descompone en contacto con el hierro y se quema lentamente al ser atravesada por un proyectil, produciendo un humo muy espeso que hace imposible la respiración en los locales que invade. Los ensayos hechos en Francia, en el polígono de Grâves, han inducido al Ministerio de Marina a hacer desembarcar la celulosa de los buques de guerra. Desaparecida la celulosa, los cofferdam quedan cons-

tituyendo una protección muy eficaz en las inclinaciones transversales: impiden los cambios anormales del arreglo como así mismo que el agua se acumule en las extremidades del buque. A esto se llega con el aumento del número de los mamparos transversales en toda la longitud de la cubierta. Penetrando el agua, quedará de tal manera localizada, que ella no podrá pasar a proa y hacer sumergir la nave en ese sentido o viceversa, como tampoco podrá ocupar una superficie de la cubierta como para alterar la estabilidad transversal. Si los cofferdams pueden garantizar la estabilidad transversal, los mamparos agregados aseguran también la estabilidad longitudinal. Se sabe que a igualdad de masa de agua, el efecto perturbador de la misma es mínimo si se oponen obstáculos a su circulación, y esto lo demuestra el hecho de que, por ejemplo: 20 toneladas de agua en un compartimento no completamente lleno, constituye un lastre líquido muy peligroso; mientras que 20 depósitos de un metro cúbico cada uno y llenos de agua, forman un excelente lastre estable de 20.000 kilos. Queda, por lo tanto, demostrado que una nave munida de cofferdams laterales y de mamparos transversales, puede, con una relativa impunidad, navegar o combatir, teniendo su cubierta inundada, cuando la mayor parte de las células y de los depósitos quedan intactos. Es evidente, no obstante, que tal situación no podría considerarse estable.

No es la eficacia de los compartimentos lo que se debe discutir, sino su sistematización en la subdivisión y especialmente el acceso a los compartimentos y el uso al cual se destinan.

El principio de utilizar casi todos los compartimentos como locales de servicio, depósitos, carboneras, etc., es absolutamente equivocado.

Este sistema exige un número muy grande de puertas de comunicación horizontales o verticales las cuales no pueden tenerse cerradas contemporáneamente en el momento del peligro a menos de obstaculizar la maniobra. Ahora bien: un compartimento para que sea útil, debe ser perfectamente estanco o ponerlo en esta condición en todo momento, sin serios inconvenientes para el servicio; en caso contrario no hay razón para que subsistan tales compartimentos. Por lo tanto, los depósitos celulares destinados para algún servicio de abordo, deben ser muy pocos y todo compartimento que se encuentre por debajo de la línea de flotación de-

be tener comunicación con la cubierta por medio de un pasaje estanco vertical, excluyendo toda comunicación horizontal entre los distintos locales. El número de las puertas estancas debe reducirse al mínimum y no debe confiarse mucho en ellas, a causa de la poca seguridad que ofrecen las mismas, sean o no automáticas.

Concluiremos este argumento diciendo que para que los compartimentos estancos respondan por completo al objeto para que se les instalan, es preciso proveerles de los medios necesarios para su inundación y achique, lo cual lleva consigo aparejado el establecimiento de una complicada red de tubería, así como el de un gran número de válvulas y grifos que permitan su comunicación o incomunicación con el mar y la de unos compartimentos con otros. Las disposiciones con este fin usadas, varían mucho, al extremo de que se puede decir que no hay dos iguales, excepto en los buques del mismo tipo.

De tal instalación de tubos y grifos, se ocupan los tratados de máquinas, por lo que su explicación, no nos corresponde y con respecto a la construcción de los mamparos transversales y longitudinales que forman los compartimentos estancos es idéntica a la ya descrita para los mamparos transversales y longitudinales del casco.

Por último damos las figuras 103, 104 y 105, que dan una idea de la disposición de los depósitos estancos y la de los mamparos que forman dichos depósitos.

Dobles fondos

En general, un buque descargado, no se encuentra en buenas condiciones de navegabilidad por las siguientes razones: 1.º porque el timón y la hélice se hallan muy cerca de la superficie del agua y por consiguiente sus efectos son poco eficaces: 2.º porque en general la estabilidad resulta insuficiente.

De lo expuesto, se deduce: que el buque que se encuentra en estas condiciones debe embarcar lastre, el que deberá estar dispuesto en tal forma, que la popa se sumerja a fin de aumentar el calado del buque.

Hasta hace poco tiempo se usaba para lastre la arena, la tierra, el pedregullo, las escorias de hierro, etc., etc.; pero dichos sistemas resultaban muy costosos, dado los gastos

de trasporte, embarque y desembarque. Se pensó luego en sustituir por el agua, el lastre antedicho y surgió entonces el origen del doble fondo, al que se puede considerar formado por una pared metálica horizontal que dista del fondo una altura conveniente. En su partes laterales se dobla hacia abajo y se une al fondo de la carena de manera que se pueda formar un depósito estanco.

Los dobles fondos adoptados son de tres tipos o sea *doble fondo sobre varengas*, *doble fondo con varengas continuas* y *doble fondo celular*.

Doble fondo sobre varengas

Este tipo de doble fondo fué el que tuvo las primeras aplicaciones y se empleó en los buques construídos con las varengas de tipo común.

El hierro de ángulo principal concluye en la chapa *M* (fig. 106) llamada *soporte del costado* o *chapa marginal*, la cual a su vez concluye sobre la parte interior del forro exterior. El hierro de ángulo principal *B*, sigue después de la misma, hasta la quilla, mientras que el hierro de ángulo invertido sigue el canto superior de la varenga. El soporte del costado está fijo al forro exterior mediante una angular contiua *G*, llamada de la marginal y a la varenga *C*, por medio de una angular *K* y mediante una escuadra *H*. El canto superior del soporte lateral se dobla en el sentido horizontal y sobre esta parte se remachan los cantos de las chapas del doble fondo.

Las chapas que forman el cielo del doble fondo se unen a las varengas mediante los soportes laterales continuos *p* munidos de las angulares continuas *b*. El soporte central *n* que actúa como de sobre-quilla, recibe dobles angulares tanto en la parte inferior como en la parte superior.

El soporte del costado está unido a la cuaderna por medio de una escuadra *P* munida de un trozo de angular *Q* en correspondencia de la cual la marginal presenta un corte para el pasaje de la angular *G*. Un agujero *m* permite el escurrimiento del agua. El canto superior de la *P* está reforzado por una angular *K* la cual concluye sobre la angular *Q*. Es conveniente que las angulares *Q* y *K* sean colocadas en posiciones opuesta o sea una a proa y la otra a popa, con el fin de dar mayor rigidez a la chapa *P*.

La angular de la marginal debe ser calafateada por ambos cantos como así mismo deben ser calafateados los

cantos de las chapas que forman el cielo del doble fondo.

Este debe ser continuo y las chapas que lo forman dispuestas con su lado mayor en el sentido de proa a popa, los cantos de las chapas no deben corresponder con los soportes laterales y las cabezas deberán estar alternadas convenientemente entre ellas y con las cabezas de las chapas que forman los soportes.

Las chapas del cielo y de los soportes laterales están munidas de pasos de hombre convenientemente dispuestos. Los primeros están munidos de puertas estancas y los segundos tienen una abertura suficiente como para comunicar con todo el doble fondo.

Doble fondo con varengas continuas.

Este tipo de doble fondo se emplea en los buques munidos de quilla lateral o de quilla chata.

Supongamos (fig. 107) que se trate de un buque que reúna la primera de estas condiciones o sea que su quilla sea del tipo llamado lateral.

Las varengas se hacen tan altas cuanto es la altura del doble fondo y están formadas de dos partes que se extienden respectivamente desde el soporte central al soporte lateral. La marginal *M* se une a las varengas, mediante una angular *K* y al forro exterior con la angular *G* en la cual concluye el hierro de ángulo principal, para seguir después hasta la sobre-quilla. A veces la *G* se hace intercostal con el objeto de obtener una mayor retención estanca.

El hierro de ángulo invertido *R* se extiende continuo desde el soporte central al soporte lateral con el objeto de obtener mayor rigidez en el canto superior de la varenga.

Para impedir que las varengas puedan flexarse y para subdividir el volumen del doble fondo, se disponen entre ellas en el sentido de proa-popa las chapas intercostales fijas al forro exterior y al cielo del doble fondo con trozos de angulares. Ellas están dispuestas en hiladas las cuales pueden ser en número de 1, 2, 3 y también 4 por cada banda de acuerdo con el ancho del doble fondo.

Las varengas están unidas a la sobre-quilla con dobles angulares por cada lado, en toda la parte central del casco y en las extremidades del mismo en las cuales la latitud del doble fondo es menor, se puede emplear una angular por parte. Con el objeto de alivianar la estructura se pueden practicar en las varengas varios pasos de hombre o

registros, los cuales encontrándose muy cerca del eje neutro de la varenga disminuyen en muy poco su resistencia a la flexión. La unión de la marginal con la cuaderna está hecha en la misma forma que el sistema descripto anteriormente, o sea por medio de la escuadra *P*.

Doble fondo celular

Mientras que los dos tipos de doble fondo descriptos pueden considerarse como estructuras accesorias del casco, el doble fondo de tipo celular forma parte integrante del mismo. Con este sistema el fondo del casco resulta formado por una estructura longitudinal, de manera que los esfuerzos que se manifiestan en este sentido serán soportados con mayor resistencia que en el caso de una estructura transversal.

Con este sistema se emplea la quilla chata y la quilla lateral, (fig. 108).

El hierro de ángulo principal se detiene en la marginal y si la quilla es del tipo lateral puede seguir en una sola pieza el interior del doble fondo; en general sin embargo se hace de dos trozos unidos entre sí en el plano de invertido *E* de largo suficiente como para recibir seis remaches.

La *M* se une a la cuaderna con la escuadra *P* ya conocida y angular *Q* y al forro exterior se une con la angular *G* de la marginal.

Paralelamente al plano de simetría se extienden unas series de chapas longitudinales llamadas sobre-quillas laterales o soportes laterales o también longitudinales del doble fondo. Ellas son continuas y presentan apropiados cortes para el pasaje del hierro de ángulo principal *B*.

Están unidas al forro exterior por medio de trozos de angulares intercostales *C* y al cielo del doble fondo están unidas con angulares continuas *D*. La longitudinal central se une al cielo del doble fondo con dos angulares continuas.

La particularidad de este sistema es la de tener o no las varengas.

I Caso.—Las varengas están formadas por trozos de chapas munidas de registros e imbornales y colocadas entre una longitudinal y la sucesiva. Se unen al forro exterior y al cielo del doble fondo con trozos de angulares intercostales. El invertido *R* va también en trozos para no interrumpir las longitudinales. La longitudinal central se une al cielo del doble fondo con dos angulares intercostales.

II Caso.—(fig. 109). Las varengas se colocan a cada cuaderna alternada y tal sistema es igual al descripto en el primer caso.

La cuaderna intermedia no está munida de varenga (fig. 110). Existe siempre las *R* con el objeto de hacer rígida las *N*. La *M* está unida al principal con las escuadras *P* y *H* y angulares correspondientes.

La longitudinal central se une al forro interior mediante la escuadra *C*, y al hierro de ángulo principal con la escuadra C_2.

En los locales de las máquinas y de las calderas las cuadernas de los doble fondo deben estar munidas de varengas las cuales tendrán además de los refuerzos descriptos todos los otros que se crean necesarios.

Si la quilla es chata ella está unida a la longitudinal central con dos angulares.

La longitudinal central del doble fondo no está munida de registros, y los que pertenecen a las longitudinales y al cielo del doble fondo deben estar alternados convenientemente.

A medida que el doble fondo se acerca a las extremidades su ancho disminuye y por consiguiente se debe reducir el número de las hiladas de las longitudinales.

Las primeras a concluir son las dos extremas quedando por último solamente la longitudinal central con las marginales de ambas bandas que convergen, y el doble fondo se concluye en la posición donde tenga un ancho de 50 a 60 centímetros que es el suficiente para poder efectuar el remachado.

Generalidades sobre los dobles fondos

Los manparos estancos dividen el doble fondo en compartimentos estancos, por la razón de que las varengas de los mismos no están munidas de registros ni tampoco de imbornales. En la extremidad popel del local del aparato motor a proa del mamparo que lo limita, se forma entre éste y la varenga sucesiva (que se hace estanca) un pozo en el cual aspiran las bombas de sentina. Alguna veces estos pozos se construyen en las extremidades poperas de las bodegas.

Cada compartimento del doble fondo está munido de un tubo de extracción que puede servir también para mandada, dispuesto en el centro del doble fondo. Además se colocan otros dos tubos cerca de las marginales con el objeto de poder secar el doble fondo en el caso de que el bu-

que estuviera escorado. Estos tubos se colocan en las extremidades popeles de cada compartimento estanco, pues esta es la posición más baja y concluyen a pocos centímetros sobre el cemento del fondo. En las extremidades del casco, en donde las cuadernas son muy angostas, se coloca sólo un tubo central.

En cada uno de los cuatros ángulos que forman el doble fondo con el forro exterior del casco, se remacha un tubo cuyo diámetro interno es por lo menos de 50 milímetros y que en su parte superior sale a la cubierta.

El objeto del empleo de estos tubos es el de servir de tubo de desahogo del aire.

Estos tubos, u otros, dispuestos en una posición conveniente sirven para sondar el doble fondo.

Los registros deben ser dos, por lo menos, por cada compartimento: son de forma circular y su diámetro debe ser suficiente como para dar pasaje a un hombre.

El fondo del doble fondo debe ser cubierto con un extracto de cemento y todas sus partes deben ser pintadas.

Se debe practicar en cada compartimento un prueba hidráulica sometiéndolos a una presión producida por una columna de agua cuya extremidad corresponda a la línea de flotación con carga; esta presión se obtiene llenando el doble fondo y el correspondiente tubo de desahogo del aire hasta la altura ya establecida.

Los primeros doble fondo fueron empleados en los buques de guerra en el año 1859 y fueron del sistema a lunetas (bracket-system), introducido por Mr. T. Reed siendo director de las construcciones navales en Inglaterra. Este sistema fué aplicado por la primera vez, en el «Belleraphon» (fig. 111) y después en muchos otros buques de guerra. Hoy día este sistema viene también aplicado con algunas variantes en muchos buques de guerra.

En este tipo de doble fondo el hierro de ángulo principal se extiende continuo desde la última longitudinal lateral que sostiene la coraza, hasta la longitudinal central que hace de sobre-quilla. Los hierros de ángulos invertidos son continuos desde la longitudinal central hasta la cubierta alta. Las longitudinales laterales están formadas por hiladas continuas de chapas que se extienden en el sentido longitudinal y dispuestos casi normales al forro exterior al cual están unidas por medio de trozos de angulares intercostales. Otros trozos de angulares intercosta-

les unen las longitudinales al cielo del doble fondo (fig. 112).

Cada una de las longitudinales presenta cortes de forma triangular para el pasaje de los invertidos. Las varengas están reducidas a dos trozos de chapas las cuales se remachan con el invertido y se unen a las longitudinales por medio de trozos de angulares.

A determinados intervalos se dispone una cuaderna estanca (fig. 113) de manera de dividir el doble fondo en compartimentos estancos. En estas cuadernas una chapa enteriza substituye las dos lunetas, y está unida a las longitudinales y a los dos forros por medio de un conjunto de angulares que permite la retención estanca después de haberle practicado el calafateo.

Tanques y Compartimentos estancos para lastre de agua

Los compartimentos estancos en las extremidades de proa y de popa dada la posición que ocupan en el casco pueden ser empleados para cambiar en momentos oportunos el arreglo longitudinal del buque. Además dada su pequeña capacidad no pueden influir mayormente en la inmersión del mismo.

Con el objeto de impedir que en los balances el agua pueda pasar desde una banda a la otra, se subdivide el volumen interior por medio de un mamparo estanco longitudinal colocado en el plano de simetría.

Este mamparo se llama de *balance* y debe reforzarse convenientemente.

En la parte superior estos compartimentos están limitados por una plataforma estanca.

Los compartimentos destinados para lastre de agua deben ser sometidos a una presión producida por una columna de agua cuya extremidad se encuentre á 2 metros 50 centímetros sobre la plataforma estanca.

Amuradas

Las amuradas tienen por objeto resguardar a las personas que se encuentran en la cubierta. No encierran ningún espacio y por lo tanto no contribuyen a formar la reserva de flotabilidad.

Como hemos dicho en el Capítulo II, pueden ser formadas de dos maneras, o sea: con chapas o con barandillas.

I Sistema (fig. 114).—Está formada por una hilada de

chapas delgadas *A* desde 5 a 9 milímetros remachadas al canto superior de la cinta *c*. Al canto superior de estas chapas se le da mayor solidez remachándole una angular *L* a la cual se le fija mediante tornillos la tapa de regala *M*. A una distancia no mayor de un metro y cincuenta centímetros se disponen en toda la extensión de la amurada los pies de amigo *H* de hierro batido y cuyo diámetro varía desde 30 a 50 milímetros Las figuras 115, 116, 117 y 118 demuestran las uniones de los pies de amigo con la angular *M* y con el esquinal interior *E* del trancanil. El arbotante *K* une el pie de amigo con las planchas que forman la borda *A*.

II Sistema.—Está formado por una serie de candeleros *F* (fig. 129) munidos de un apéndice que constituye el medio de unión de los mismos con la plancha de la cinta. Otro apéndice superior hace de vínculo de unión entre los candeleros y la tapa de regala. Los candeleros presentan varios henchimientos en los cuales están practicados los agujeros de pasaje de las barras de sección circular que sirven de resguardo a las personas. Una parte de los candeleros están munidos del pie de amigo *H*.

Llegado a este punto hemos dado una idea general de las piezas más importantes que forman un casco metálico y para que el alunmo comprenda mejor como están ellas dispuestas puede estudiar la figura 120.

Ella representa un corte maestro de un vapor munido de doble fondo celular Los números representan las diferentes piezas de manera que el número 1 representa la quilla con planchas laterales.

El 2 representa la traca de aparadura.
» 3 la sobre-quilla.
» 4 los soportes laterales.
» 5 » » del costado.
» 6 las varengas intercostales.
» 7 planchuelas verticales de contención colocadas entre las varengas.

El 8 plataforma del doble fondo.
» 9 planchuelas o escuadras transversales de contención.
» 10 cuadernas reforzadas.
» 11 listones de refuerzo del costado.
» 12 planchas de hierro exagonales, que sirvende unión de los listones de refuerzo del costado en correspondencia de una cuaderna reforzada.

El 13 puntales de bodega.
» 14 baos de la cubierta principal.
» 15 trancanil de la cubierta principal.
» 16 revestimiento de planchas de hierro de la cubierta principal.
El 17 cinta de la cubierta principal.
» 18 traca entre cinta.
» 19 cinta de la cubierta alta.
» 20 puntales de la cubierta alta.
» 21 baos de la cubierta alta.
» 22 cubierta alta.
» 23 pies de amigo de la amurada.
» 24 planchas de hierro de la amurada.
» 25 galón de la regala.

Indicios de poca resistencia en el sentido transversal y longitudinal

Indicios de poca resistencia transversal y medios de consolidación

La resistencia trasversal de un casco se manifiesta en los movimientos experimentados por las uniones de las extremidades de los puntales, como así mismo de las uniones de los baos con las cuadernas.

Las deformaciones son consecuencia de la rotura de remaches debida a los diferentes esfuerzos de tensión o de comprensión a los que están sometidos los cascos. Las cuadernas en este caso tienden a abrirse o a cerrarse bajo el empuje creciente o decreciente del agua formándose de tal manera deformaciones en las piezas ya nombradas.

La debilitación transversal se contrarresta aumentando el número de remaches de unión, como así mismo el de mamparos, aunque no sean estancos y también empleando mayor número de baos y mayor número de cuadernas reforzadas.

Indicios de poca resistencia longitudinal y medio de consolidación

Un buque está sometido a la acción de dos fuerzas, producidas respectivamente por el empuje del agua y por el peso del buque.

La repartición de estas fuerzas no es igual en toda la longitud del casco y por consiguiente se generan esfuerzos longitudinales, los cuales tienen mayor intensidad cuando la parte central del buque se encuentra sobre la cresta de una ola.

Si el buque no tiene suficiente solidez en el sentido lon-

gitudinal se manifiestan movimientos especialmente en las cabezas de las tablas de cubierta, de las chapas de las cintas, de los trancaniles y en la rotura de los remaches en la parte superior o inferior del forro exterior.

Para consolidar las partes debilitadas, se reforzarán siempre las partes altas y bajas del casco con el objeto de colocar los refuerzos lejos del eje neutro. Estos refuerzos consisten en colocar una hilada superpuesta a la traca inferior a la de la cinta como también en aumentar el ancho del trancanil de la cubierta o empleando un forro de plancha en una cubierta.

Los refuerzos en la parte baja consisten en superponer una hilada de chapa a una traca adherente del forro exterior o aumentando las dimensiones de las sobrequillas.

Construcción Longitudinal

Sistema de Construcción Longitudinal

Los esfuerzos que se manifiestan en el sentido longitudinal, en ún buque munido de cuadernas del tipo llamado transversal y que es precisamente el que hemos considerado en nuestro estudio hasta ahora, están soportados por el forro de los puentes, por la quilla, sobrequillas, trancaniles y por todos los refuerzos dispuestos en el sentido longitudinal, mientras que las cuadernas sólo constituyen un refuerzo transversal.

Ahora bien: en los buques cuya resistencia mayor debe ser la longitudinal, deben ser provistos en la mayor cantidad posible de refuerzos dispuestos en este sentido, para poder soportar victoriosamente a los esfuerzos a los cuales el casco está sometido Para este fin se ha ideado y llevado a la práctica el sistema de construcción llamado ***longitudinal*** en el cual las cuadernas presentan su mayor resistencia a los esfuerzos que se experimentan precisamente en el sentido longitudinal.

Este sistema fué empleado por primera vez en la construcción del coloso Great Easter construído por Scott Russen y botado al agua en el año 1858.

Sus dimensiones eran las siguientes:

Eslora entre perpendiculares metros 207,26

Manga en la línea de flotación metros 25,30

Puntal (desde la cubierta alta) metros 7,53

Desplazamiento toneladas 27,000

Potencia de la máquina H. P. indicados 8,000
Velocidad millas 14,00.

Tenía comodidades para 800 pasajeros de 1.ª clase, 2000 de 2.ª y 1200 de 3.ª.

El interior del casco estaba dividido en tantos compartimentos estancos como lo premitían los múltiples servicios de abordo. Desde mamparo a mamparo había una distancia igual a la manga mayor del buque.

Entre dos mamparos consecutivos estaban dispuestos mamparos intermediarios, los cuales podían considerarse como mamparos completos, de los cuales se hubiera suprimido la parte central.

Entre los mamparos se extendían algunas sobre-quillas dispuestas cada una normalmente a la parte central de una hilada del forro exterior.

Además de la economía de peso que se ha obtenido con este sistema, se ha formado como un puente continuo que estaba sostenido especialmente por los mamparos y por las longitudinales.

Las longitudinales estaban construídas por una chapa central munida de angulares en sus cantos superior e inferior.

Estaban dispuestos en el fondo de cada hilada del forro exterior.

Hasta la cubierta inferior estaba aplicado un forro de chapa a las angulares internas de la longitudinales formando de tal manera un doble fondo por casi toda la eslora.

La cubierta superior está constituída como el doble fondo por medio de dos forros de chapas mantenidas a la debida distancia por un determinado número de longitudes. De esta manera la estructura de la cubierta puede compararse a una gran viga hueca (fig. 121).

Como se ve en este sistema, el doble fondo y los mamparos farman parte integrante del casco constituyendo así un medio muy eficaz en las subdivisiones, gracias al cual el «Great Eastern» en un viaje desde Europa a Norte América habiendo pasado sobre piedras, tuvo en su forro exterior averías de consideración, entre las cuales una de metros 26,00 × 2,20 × 1,50; y con todo, continuó su viaje habiendo quedado incólume el forro interior.

Por este hecho se tuvo una prueba de la solidez del casco y una comprobación de la utilidad del doble fondo.

Frente a estas ventajas se encuentran algunos inconve-

nientes a causa de los cuales no se ha podido adoptar el sistema en general en toda su integridad.

Se encuentra una cierta dificultad de ejecución no solo para hacer las longitudinales, que deben ser conformadas a doble curvatura sino que también resulta dificultosa la operación de montarlas en su lugar de manera que conserven sus formas transversales. Además el empleo de dos forros interior y exterior muy adecuados para los buques de grandes desplazamientos en los cuales el espesor de los mismos sería mucho mayor si se emplease uno solo, no es adaptable para los buques de pequeño desplazamiento, en los que si se usaran dos forros se llegaría a tener espesores muy pequeños que por razones de orden práctico no son aceptables.

En los buques de guerra observando que los pesos más grandes como artillería y corazas, gravitan en las partes superiores y en general sobre las amuradas, no es ventajoso emplear en los ellos el sistema longitudinal, por la razón de que su estructura debe tener mucha resistencia en el sentido transversal.

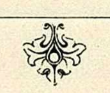
Por las razones expuestas el sistema longitudinal ha tenido un empleo limitado en la marina mercante; y en las marinas de guerra, se emplea sólo con grandes modificaciones al extremo de haber dado motivo a que a dicha armonización de métodos se le haya denominado sistema Mixto.

Este sistema es una combinación del sistema transversal y longitudinal.

Concurre en esta estructura combinados en diferentes maneras las cuadernas del sistema transversal y las longitudinales del sistema longitudinal. La figura 111 da una idea de un tipo del sistema mixto pudiendo ser la estructura de los mismo formada de muchas maneras.

Al llegar a esta altura del curso, el alumnos ha podido compenetrarse perfectamente de la forma en que se halla constituído el casco de un buque, y ello facilitará la introducción al estudio de la Teoría de la Nave, rama de la Arquitectura, que tiene contacto con la Construcción Naval que recién terminamos de estudiar.

TEORÍA DEL BUQUE



CAPÍTULO I

Representación gráfica del casco.—Plano de construcción.—Consideraciones generales.

El oficial de marina no es quien está llamado a proyectar y construir los buques, pero como él es quien los conduce y hace vida en ellos debe de estar capacitado para conocer sus cualidades marineras y militares, ya que el conocimiento de las mismas le servirá de base para poder apreciar las condiciones sui-géneris que posee el buque de su mando y hacer de tal manera aquellas correcciones mediante las cuales, en proyectos futuros, se pueda obtener la nave que mejor responda a las finalidades que de ella cabe esperar. Es por lo tanto el oficial de marina el llamado a ilustrar al proyectista de una nave, sobre las cualidades que debe poseer desde el punto de vista marinero y militar.

Las condiciones marineras y parte de las militares, dependen de la distribución de los pesos a bordo y de las formas del casco y por consiguiente, para que el oficial de marina pueda dar su parecer, es necesario que conozca con qué criterio está hecho el reparto, como también debe hallarse en estado de conocer si las líneas de su buque son las que efectivamente corresponden al mismo.

Con respecto al reparto se dará una idea, efectuando los cálculos y pruebas prácticas que explicamos más adelante; y con respecto a las formas, debe saber interpretar las representaciones gráficas del casco que se trazan con este fin y que es el tema de este capítulo.

Se llama *plano de construcción* a la representación gráfica del casco de un buque. En dicho plano, es costumbre representar la superficie externa de las cuadernas.

Para los buques de metal esta representación es la suficiente, dado el pequeño espesor del forro exterior, pero para los buques de madera, cuando se quiere efectuar cálculos de volumen y de estabilidad, se necesita también la determinación de la superficie exterior del forro.

Los procedimientos para representar dichas superficies son iguales en ambos casos, por lo que consideramos suficiente explicar uno de ellos, cosa que haremos con la representación de la superficie exterior de las cuadernas.

Esta superficie se representa por medio de sus tres pla-

nos ortogonales, cada uno de los cuales toma el nombre que le corresponde o sea: ***plano diametral longitudinal,*** paralelo al plano de simetría (fig. 1); ***plano horizontal***, paralelo al plano de la flotación; y ***plano vertical*** o ***transversal***, paralelo al plano de las cuadernas.

Como la superficie en cuestión no es definible según leyes geométricas, para representarla en el dibujo, es necesario trazarla por medio de una serie de líneas que resultan de la intersección de dicha superficie con planos conducidos de acuerdo con un determinado orden.

Líneas de aguas

Paralelamente al plano horizontal se trazan otros planos en general, equidistantes, cuyas intersecciones con la superficie exterior de las cuadernas, son curvas, llamadas líneas de agua, las cuales están proyectadas sobre el plano horizontal (fig. 1) según curvas y sobre los otros planos según rectas paralelas, que son los trozos de los planos de las mismas líneas de agua.

La línea de flotación es una línea de agua y si sobre la misma se conducen otros planos horizontales, se obtendrán las llamadas *falsas líneas de agua*.

Plano longitudinal

En este plano figura el perfil del buque sobre el cual está proyectado.

Plano vertical o transversal

Sobre este plano, están proyectadas las cuadernas generadas por las intersecciones de la superficie exterior de las mismas con planos verticales trazados normales al plano longitudinal.

La cuaderna que en su proyección resulta de mayor superficie y que por consiguiente comprende, en su perfil, las proyecciones de todas las otras cuadernas se llama, como ya hemos dicho, cuaderna maestra, y en general se indica con la letra M o con el símbolo X.

Siendo el casco simétrico respecto del plano de simetría, se acostumbra a dibujar sólo la mitad de las líneas que los representan, ya sea en el trazado horizontal como en el vertical. En este último, se disponen a la derecha del eje, las cuadernas que se encuentran a proa de la sección maestra, y a la izquierda del mismo eje, las cuadernas que se encuentran a popa de la sección maestra. Esta última, por consiguiente, está dibujada en ambas partes.

Cada lado del plano vertical se llama cuerpo y se distin-

guen uno del otro llamando cuerpo proel al que representa las cuadernas proeles y cuerpo popel al que representa las popeles.

En general el plano de construcción de un casco se dibuja en el papel para los buques de regulares dimensiones en la escala de dos contímetros por metro ($^1/_{50}$ del tamaño natural); para los cascos de grandes dimensiones diez milímetros por metro ($^1/_{100}$ del tamaño natural); y para las embarcaciones de cincuenta milímetros por metro ($^1/_{20}$ del tamaño natural).

Escala de los dibujos

Al dibujar un plano de construcción de un buque se pueden considerar dos casos o sea:

Trazado de un plano de construcción

1.º Cuando el buque no tiene diferencia de calados.

2.º Cuando el buque tiene diferencia de calados

En el primer caso, la línea de construcción y la quilla están dispuestas en el sentido horizontal siendo por consiguiente paralelos a la línea de flotación y resultando las cuadernas dispuestas en el sentido vertical.

En el segundo caso, la quilla puede ser dispuesta en sentido horizontal y las cuadernas en el sentido vertical, dando a la línea de flotación y a las líneas de agua la inclinación determinada por la diferencia de los calados. También puede ser dispuesta horizontalmente la línea de flotación y verticalmente las cuadernas dando a la quilla la inclinación resultante por la diferencia de las inmersiones. De tal manera las cuadernas no resultan perpendiculares a la línea de construcción, como en el caso precedente, sino que están proyectadas en su verdadera forma en el plano vertical.

Cuando el buque no tiene diferencia de inmersión o cuando teniendo tal diferencia se dispone la quilla inclinada, las proyecciones de la línea de flotación y de las líneas de aguas sobre el plano vertical, serán líneas rectas horizontales; en el caso de que la quilla sea dispuesta en el sentido horizontal y la línea de flotación inclinada respecto de la misma, la proyección de esta última sobre el plano vertical será representada por una línea curva.

Para trazar el plano longitudinal en el caso de un buque cuya quilla sea dispuesta en el sentido horizontal, se traza primeramente la línea de construcción; luego las dos perpendiculares, y se llevan enseguida las inmersiones igua-

les a proa y a popa, determinando de tal manera la línea de flotación. Se perfilan después de esto, la roda, el codaste, el arrufo y la quilla. Todo lo expuesto constituye el longitudinal.

Para el trazado del vertical (que se puede dibujar a la misma altura del plano longitudinal o en la posición que se crea más conveniente en el plano) se traza la línea de flotación y luego se traza una perpendicular a la misma, que representa en el plano vertical la traza del plano de simetría. A derecha e izquierda del mismo y sobre la línea de flotación se lleva la mitad de la manga máxima del buque entre la superficie exterior de las cuadernas. Sobre el plano de simetría y desde la intersección del mismo con la línea de flotación se lleva hacia abajo la inmersión del centro del casco. Con estos tres puntos se perfila la sección maestra.

Volviendo al plano longitudinal se divide la eslora entre perpendidulares en un determinado número de partes iguales y por cada uno de estos puntos se hace pasar un plano normal al plano de flotación. Estos planos generan un número igual de trazas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc., (fig. 1) que son las trazas de las cuadernas.

Los puntos de división deben coincidir con las posiciones que ocuparán las cuadernas de construcción.

Sobre el plano longitudinal y vertical se trazan a alturas equidistantes, planos paralelos a la línea de flotación cuya trazas verticales están marcadas sobre el vertical y sobre el longitudinal con las letras *a b c* mientras que sus trazas horizontales están indicadas en el plano horizontal por las curvas *a' b' c'* que representan en sus verdaderas formas las proyecciones de las líneas de agua.

Una vez dado a las líneas de agua el perfil requerido de acuerdo con las exigencias del buque, desplazamiento, velocidad, etc., empieza a definirse el mismo.

Se pasa luego al vertical proyectando en el mismo las cuadernas en su verdadera forma y como los planos que pasan en el plano longitudinal según las cuadernas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc,. cortan al casco en el sentido normal respecto de la línea de flotación, ellos dan origen a los perfiles transversales del buque, y por consiguiente las intersecciones de las cuadernas con las líneas de agua en el plano horizontal deben coincidir con las intersecciones de

las líneas de agua y con los perfiles de las cuadernas en el plano vertical.

Como los distintos puentes están generados por un bao que manteniéndose paralelo a si mismo, corre apoyándose a una curva directriz situada en el plano longitudinal, se deduce que también las líneas rectas de los baos determinan una superficie. La intersección de esta superficie con la superficie exterior de las cuadernas es una línea de doble curvatura llamada línea de amurada del puente o también forma de doble curvatura.

Tanto las líneas de amuradas de los puentes, como las del trancanil, como así mismo la de la tapa de regala, vienen proyectadas sobre los tres planos según curvas que presentan su convexidad hacia la quilla; no pudiendo ser representadas en su verdadera forma, al no estar determinadas por planos horizontales, como ocurre con las líneas de agua.

Dos planos de proyección podrían ser suficientes para delinear la forma del casco de un buque; pero con el trazado de las proyecciones sobre el tercer plano, se obtiene la ventaja de su mayor exactitud, por la razón de que las proyecciones de un punto cualquiera de la superficie deben encontrarse a la misma distancia desde los respetivos ejes sobre el plano horizontal y sobre el plano vertical; desde las perpendiculares sobre el plano horizontal y longitudinal, y desde la línea de flotación sobre el plano vertical y longitudinal.

Las proyecciones de los puntos de las formas de doble curvatura, deben encontrarse sobre el plano vertical a la misma altura que ellos tienen en el plano longitudinal desde la línea de flotación.

Lo que se ha dicho respecto de la manera de trazar el plano de construcción, es aplicable con muy pocas variaciones, en el caso de que el buque tuviera diferencia de inmersión o que no habiéndola, viniera trazado con la quilla dispuesta en el sentido horizontal.

Con el objeto de estudiar la continuidad de la superficie exterior de las cuadernas, pues es evidente, después de lo expuesto, que las curvas no podrían ser de trazado continuo, sino que presentarían una irregularidad en la parte que correspondiese a la que fuese defectuosa, se introducen en el trazado del plano de construcción, planos perpendiculares al vertical e inclinados al longitudinal, esta-

bleciendo sus direcciones de manera que sus trazas sobre el plano vertical resulten normales a las proyecciones de la mayor cantidad de cuadernas. Las intersecciones de estos planos con la superficie exterior de las cuadernas se llaman formas planas u oblicuas.

Naturalmente que la inclinación de una forma útil en el cuerpo proel, no conviene a veces emplearla en el cuerpo de popa y por lo tanto cada forma oblicua está determinada por dos planos distintos cuyas inclinaciones son diferentes pero que pasan por un mismo punto de la sección maestra. Por consiguiente cada forma resulta una línea continua aun siendo determinada por dos planos diferentes y cuya trazas sobre el plano vertical no encuentran el eje en el mismo punto.

Determinadas sobre el plano vertical, las trazas de los planos que generan las formas, se rebaten sobre el plano horizontal suponiendo que cada plano gira alrededor de su intersección con el plano longitudinal.

Para rebatir las formas planas se emplea en general el plano horizontal y las formas están dibujadas en la parte opuesta de aquella en que se encuentran las líneas de agua, marcando sobre la traza de cada cuaderna la distancia medida sobre la traza de la forma, entre el eje de rotación y el perfil de la misma cuaderna.

Formas verticales (Fig. 1). Además de las formas planas, y con el objeto de determinar con mayor exactitud las líneas complicadas de las extremidades anterior y posterior del casco, se emplean planos verticales y paralelos al plano longitudinal y equidistantes entre ellos. Las trazas de estos planos sobre el horizontal y vertical estarán representadas por líneas rectas dispuestas en sentido paralelo respecto a los ejes y sus intersecciones con la superficie externa de las cuadernas generan líneas curvas que se llaman *formas verticales* o *secciones longitudinales*, cuyas proyecciones sobre el plano horizontal y vertical se confunden con las trazas de los correspondientes planos, y sobre el plano longitudinal serán líneas curvas en sus verdaderas formas. Bastaría por lo tanto proyectar sobre el plano longitudinal los puntos de intersección de las trazas horizontales y verticales respectivamente con las líneas de agua y con las cuadernas.

Concluyendo diremos que un plano de construcción comprende: 1.º Una serie de planos paralelos al horizonte que

interceptan la superficie exterior de las cuadernas según curvas denominadas líneas de agua, que se proyectan en sus verdaderas formas sobre el horizontal y que sobre los planos verticales se confunden con los trozos de esos mismos planos. 2.º Una serie de planos paralelos a la sección maestra que cortan la superficie exterior de las cuadernas según curvas que representan en su verdadera forma, las cuadernas proyectadas sobre el plano de dicha sección. Las proyecciones sobre los otros dos planos son líneas rectas o mejor dicho son los trozos de esa serie de planos. 3.º Una serie de planos verticales paralelos al plano de simetría que dan las secciones longitudinales en su verdadera forma, sobre ese plano y son líneas rectas sobre los otros planos. 4.º Una serie de planos perpendiculares a la superficie exterior de las cuadernas y oblicuos al plano longitudinal lladas formas planas y que para representarlas se rebaten sobre el horizontal.

Reglas para trazar las curvas

Para dibujar las curvas se emplean los llamados junquillos, reglas flexibles, más o menos finas que deben ser empleadas para trazar verticales u horizontales, como también para las proyecciones de doble curvaturas sobre el plano longitudinal. Los junquillos se dispone sobre la mesa de dibujo, haciéndolos apoyar con un canto en las puntos señalados sobre el papel y manteniéndolos en esta posición por medio de pesos de plomo colocados siempre que sea posible en la parte cóncava del junquillo, para que se pueda observar fácilmente la continuidad de la curva descrita por el mismo. Antes de trazar la línea es necssario haber probado primero si ella es continua; si eso no sucediera se debe corregir colocando convenientemente las reglas flexibles.

Complemetos de los planos

Determinadas sobre el papel las formas del buque, es necesario completar el plano de construcción, trazando el canto inferior de la quilla, el pozo de la hélice, la posición del eje de la hélice, etc.

Leyenda

A la izquierda del plano horizontal se acostumbra a colocar una leyenda en la cual se indican las dimensiones principales y sus correspondientes relaciones, como así mismo los resultados de los cálculos del desplazamiento y de la estabilidad del buque, que se han obtenido del estudio

del mismo plano de construcción y que nosotros explicaremos en los capítulos sucesivos.

Concluído definitivamente el plano de construcción se reúnen todas sus medidas y datos en un cuaderno el cual se pasa *a la sala para el trazado*. Esta sala debe ser de grandes dimensiones por la razón de que debe superar la eslora del buque que se debe construir. Sobre el piso de esta sala que debe ser bien cepillado se marcan con tiza los puntos que deben servir para trazar el longitudinal, el horizontal y el vertical de acuerdo con las anotaciones existentes en el cuaderno. Con la ayuda de grandes junquillos que se apoyan en los puntos señalados se trazan las formas del buque en tamaño natural, y después de haber corregido el más pequeño error, se confeccionan en madera las plantillas que en oportunidad se mandarán a las oficinas, para doblar las varias piezas de acuerdo con las curvas requeridas.

Necesitando en los astilleros varias copias de un mismo plano, se pasa el original al papel-tela para poder sacar de éste varias copias, en papel a propósito, que puede ser el prusiato o el cianuro

Planos cianográficos y heliográficos

Para obtener el plano sobre papel cianográfico, se coloca el papel-tela sobre el papel cianográfico y ambos sobre el vidrio de un cuadro apropiado para esta operación.

Por medio de una tapa munida de paño y de prensas se hace presión sobre los papeles para ponerlos en contacto con el vidrio. Esta operación se deberá efectuar en una cámara oscura amarilla y luego se expone el cuadro así preparado a la acción de los rayos solares. Según la intensidad de la luz; el tiempo necesario para el buen éxito de la operación, es de cuatro a diez minutos. Hecho esto se desarma el cuadro y luego se lava con agua limpia el papel cianográfico, haciéndolo finalmente secar en un lugar aireado y sin luz.

Después de la acción de la luz, el papel cianográfico que es de color amarillento, pasa al color azul y las líneas negras del plano toman el color blanco. Estas reproducciones se llaman a fondo azul.

El procedimiento para la heliografía no difiere del precedente, sino en que el papel deberá sufrir dos baños consecutivos. Con la carta heliográfica las líneas del dibujo se conservan con el color negro y el papel, es todo blanco.

Es superfluo decir, que en las copias obtenidas con el papel de impresión, las medidas que se relevan no podrán tener la exactitud requerida y por lo tanto para estas medidas, será necesario recurrir al dibujo original o a la copia en papel-tela.

Planos de la Secoión maestra y los detalles de construcción

Además del plano de construcción se deberá efectuar el dibujo de la sección maestra, del buque en una escala mayor que la adoptada para el dibujo principal.

En el plano de la sección maestra, debe figurar el sistema de construcción que se ha de emplear y las cotas oportunamente marcadas, indicarán las dimensiones de los distintos elementos de la estructura, como así mismo las de los remaches y sus correspondientes pasos. Otras secciones hechas en diferentes puntos del casco indicarán otros detalles de construcción del mismo y de los mamparos.

Planos de las divisiones internas

Las divisiones internas estarán representadas por una sección hecha según el plano diametral, y en otras secciones transversales en los puntos en los cuales se cree sean necesarios.

Los planos de los diferentes puentes, estarán dibujados en sus proyecciones horizontales y en los mismos deberán figurar sus correspondientes sistematizaciones sea de los alojamientos, como así mismo de los útiles de arreglo del casco.

Plano del velamen

Para los buques de vela debe efectuarse también el plano del velamen, en el cual deben figurar la posición de los palos, la de la vergas y representadas las velas principales, de manera que se pueda determinar el área del velamen y la posición del correspondiente centro de gravedad el que se obtiene por los momentos parciales de cada vela en relación a dos ejes ortogonales.

Para los buques no provistos de vela, será dibujada solo la vista longitudinal del casco con la posición ocupada por los palos.

En los planos del velamen las vergas y las velas se representan abatidos sobre el plano horizontal suponiendo que las vergas giren alrededor del eje del palo que se encuentra más en alto.

CAPÍTULO II

Cálculos para el Desplazamiento y para la Estabilidad. — Principios de hidrostática. — Condiciones de equilibrio de un cuerpo flotante. — Determinación del área de una línea de agua y de la de una ordenada. — Volumen de la carena.

Tomemos en consideración un cuerpo flotante (fig. 2) de forma cualquiera referido a una terna de ejes ortogonales *X, Y, Z,* de origen *O* y dispuestos de manera que dos de ellos el *X* y el *Y* se encuentren en el plano de flotación y el tercero *Z* dispuesto en sentido perpendicular a los primeros y con dirección hacia abajo.

Sea *A,* un elemento de área *s* perteneciente a la superficie mojada, y sea *G* su centro de gravedad.

Sin deber repetir cuanto al respecto expone la física general, recordaremos sin embargo, que el elemento *A* soporta una presión *P* normal a sí mismo, igual al peso de una columna de agua cuya base es igual a *s* y su altura igual a la distancia de su centro de gravedad *G* desde la superficie libre. Esto, sólo vale en el caso de que el líquido sea perfecto; pero si indicamos con π el peso de la unidad de volumen del líquido, con *z* la profundidad de *G* desde el nivel líquido, será:

$$P = s \pi z \qquad (1)$$

Calculemos las componentes P_x, P_y, P_z de la presión *P* estimada según los tres ejes de relación. Para este fin basta introducir las nociones de los ángulos

$$\widehat{P_x}, \quad \widehat{P_y}, \quad \widehat{P_z}$$

que la *P* forma con los tres ejes y tendremos:

$$
\left.\begin{aligned}
P_x &= P \cos \widehat{P_x} \\
P_y &= P \cos \widehat{P_y} \\
P_z &= P \cos \widehat{P_z}
\end{aligned}\right\} \quad (2)
$$

Hallemos ahora la proyección w del elemento A sobre los tres planos coordenados, denominándolos W_x, W_y, W_z respectivamente, las de los planos *XOY*, *YOZ*, y *ZOX*, observando que los ángulos, que los planos tangentes al elemento n en *G*, forman con los planos antedichos, son iguales a los ángulos que forman las normales a estos puntos o sea a los ángulos $\widehat{P_x}$, $\widehat{P_y}$ y $\widehat{P_z}$ y por consiguiente tendremos:

$$
\left.\begin{aligned}
W_x &= w \cos \widehat{P_x} \\
W_y &= w \cos \widehat{P_y} \\
W_z &= w \cos \widehat{P_z}
\end{aligned}\right\} \quad (3)
$$

Pero las (2) por relación con la (1) se transforman en:

$$P_x = s\ z\ \pi \cos \widehat{P_x}$$

$$P_y = s\ z\ \pi \cos \widehat{P_y}$$

$$P_z = s\ z\ \pi \cos \widehat{P_z}$$

y esta por relación con la (3) se transforman en:

$$P_x = s\ z\ \pi\ W_x$$

$$P_y = s\ z\ \pi\ W_y$$

$$P_z = s\ z\ \pi\ W_z$$

No nos interesan las componente P_x y P_y, por la razón de que si consideramos por ejemplo el cilindro que proyecta su base paralelamente al eje de las *X* encontrará la superficie mojada del flotador en un elemento *W* que soportará de parte del líquido, una presión

$$P'_x = s'\ z\ \pi\ W_x$$

y que además esta presión tendrá una componente según el eje de las *X* determinada por:

$$P'_x = -\ s'\ \pi\ z\ W_x$$

siendo W_x la sección recta del nombrado cilindro, habiendo introducido el signo (—) porque está dirigida en sentido contrario a la P_x. De lo expuesto, se deduce que todas las P_x y las P_y dos a dos, se eliminan y por lo tanto las componentes horizontales de las presiones normales ejercidas por el líquido sobre la superficie mojada constituyen un sistema de fuerzas en equilibrio. Ellas comprimen el cuerpo y tienden a aplastarlo, pero el mismo siendo un cuerpo sólido, contiene en si la fuerza capaz de resistir debido a las reacciones moleculares que se manifiestan.

De todo lo expuesto queda demostrado que: ***la resultante de las componentes horizontales es igual a cero.***

En definitiva quedan en acción las componentes verticales P_z las cuales equivalen a:

$$P_z = s\ z\ W_z = S\ \delta\ V$$

pues ellas son iguales al peso del volumen de un cilindro que tiene por base w cos $P_x = W_z$ y por altura *z;* y por consiguiente la suma *s* de estos cilindros corresponde al volumen total *S* de la superficie mojada, pues precisamente como se acaba de demostrar Z W_z es un elemento δ V del volumen de la porción sumergida del flotador. Todas estas fuerzas son paralelas entre ellas y admiten una resultante igual a las sumas *S* de los mismos o sea:

$$S = \Sigma P_z = \Sigma s \delta V = s \Sigma \delta V = \delta V$$

siendo *V* el volumen sumergido del flotador, por la razón de que la suma debe considerarse para toda la superficie mojada. Queda por lo tanto demostrado que la resultante de las componentes normales que el líquido ejerce sobre superficie mojada es igual al peso de un volumen de líquido igual al volumen de la parte sumergida del flotador supuesto lleno y limitado por consiguiente por el plano de la flotación y por la superficie mojada. En otros términos podemos decir *que un cuerpo cualquiera que flote recibe un empuje hacia arriba, cuya componente vertical es igual al peso del líquido desalojado.* (Principio de Arquímides).

Es inutil tener en cuenta la presión atmosférica por la razón de que en virtud del conocido principio de Pascal, ella se ejerce con igual intensidad en todas las direcciones.

El punto de aplicación de la resultante de las componentes verticales de las presiones toma el nombre de centro de empuje, el cual no se debe confundir con el centro de carena, que es el centro de gravedad del líquido desalojado. Se llama carena la parte sumergida del flotador.

El centro de empuje y el centro de carena se encuentran sobre la misma vertical, pero la coordenada del centro de carena es la mitad de la del empuje en cualquier flotador.

Demostremos esta relación.

El momento de cada una de las componente de P_z será igual a:

$$P_z \times z$$

siendo *Z* la distancia de su centro de gravedad desde la superficie libre, de manera que la suma de estos momentos

$$\Sigma P_z z$$

será igual al momento del empuje o sea al producto del empuje total por la distancia que tiene su centro de aplicación desde la superficie libre.

Llamemos *Z* a esta distancia y tendremos:

$$\Sigma P_z z = Z \Sigma P_z$$

de la cual

$$Z = \frac{\Sigma P_z z}{\Sigma P_z}$$

Pero

$$P_z = S \delta_v ; \quad y \quad \Sigma P_z = S = \delta V$$

sustituyendo tendremos:

$$Z = \frac{\Sigma S d V z}{d V}$$

Empleando el mismo procedimiento para determinar la coordenada *Z* del centro de carena, tendremos:

$$Z' = \frac{\Sigma S d V \frac{z}{2}}{d V}$$

porque el centro de gravedad de cada elemento de volumen (cilindro) se encuentra a mitad de la altura *z*.

En conclusión tendremos que

$$Z' = \frac{z}{2}$$

que es lo que se quería demostrar.

Condiciones de equilibrio de un cuerpo flotante

Un cuerpo flotante, se encuentra sometido a la intensidad de dos fuerzas verticales, una de las cuales es el empuje *S* y la otra es la fuerza *P*, igual al peso del cuerpo flotante, la cual se puede considerar aplicada al centro de gravedad del flotador.

Por el principio de los vínculos podemos considerar el cuerpo sin peso y sin estar sometido a la acción de presiones, de manera que el cuerpo queda libre y sujeto a las fuerzas *P* y *S*. Por estar el cuerpo en equilibrio se verificará la igualdad.

$$P = S = \varepsilon P_z = \delta V$$

lo que constituye el Principio de Arquímides, y las fuerzas deberán ser directamente opuestas o sea la *S* pasará por el centro de gravedad.

En resumen tendremos:

1) Que un flotador está en equilibrio cuando su peso es igual al peso del líquido del cual ocupa el puesto (desplazamiento).

2) Que cuando un cuerpo está en equilibrio, su centro de gravedad y el centro de carena se encuentra sebre la misma vertical.

Cálculo del volumen de la carena.

La determinación de este elemento es de gran importancia. pues conociendo el volumen *V* y multiplicándolo por el peso específico *d* del líquido que se trate, tendremos el valor *d. V.* del desplazamiento, el cual, por el Principio de Arquímides, es igual al peso *P* del buque. Tendremos asi un método indirecto y simple para calcular el peso del buque.

Para efectuar el cálculo del volumen de carena, se debe observar que la superficie exterior de un buque, no es generada, (como ya hemos dicho) por ninguna ley geométrica y por lo tanto, dicho volumen sólo se puede determinar valiéndose de algunos procedimientos aproximados como el que vamos a explicar.

Se trata de calcular el valor de la integral definida.

$$\int_{0}^{n\,a} y\,dx$$

siendo $y = f(x)$ una función de la x, que no es conocida, pero de la cual se conocen algunos valores

$$y_0,\; y_1;\; y_2 \ldots\ldots y_n$$

correspondientes a valores de la variable que aumentan en la misma cantidad. Tendremos entonces:

$$\begin{array}{ll} x = 0 & y = y_0 \\ x = a & y = y_1 \\ x = 2\,a & y = y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x = n\,a & y = y_n \end{array}$$

Representemos ahora gráficamente la función $y = f(x)$ relacionándola a dos ejes rectangulares *A X* y *A Y* (fig. 3).

Sobre el eje *A X* a partir de *A* se toman distancias proporcionales a las variable y obtendremos una serie de puntos A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 ..... A_{n-1}, A_n. Trazando en cada uno de estos puntos perpendiculares al eje *A X* y sobre las mismas marcando distancias proporcionales a los correspondientes valores de la función, se obtendrá los puntos B_0, B_1, B_2, B_3, B_4 ..... B_{n-1} B_n que uniremos con una línea continua.

El área determinada por esta curva; por las ordenadas externas y por el eje de las *x*, representa la integral buscada.

Y en efecto considerando un volumen infinitesimal por ejemplo 1-2 del eje de las *x* en correspondencia de un valor *(y)* de las ordenadas, (medida en un punto intermedio del segmento 1-2) debe ser $y\ \delta_x$ el área del elemento 1-2, 3-4, de la superficie considerada, y por lo tanto el área total será:

$$A_0 B_0 B_n A_n = S = \int_0^{n a} y\ \delta x$$

Y efectivamente tenemos que para:

$$X = 0 \qquad y = y_0 = A_0 B_0$$
$$X = a = A_0 A_1 \qquad y = y_1 = A_1 B_1$$
$$X = 2a = A_1 A_2 \qquad y = y_2 = A_2 B_2$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$
$$X = n a = A_{n-1} A_n \qquad y = y_n = A_n B_n$$

o sea:

$$\int_0^{n a} y\ \delta x = \text{Area } S = A_0 B_0 A_n B_2$$

que es lo que se quería demostrar.

El área $A_0\ B_0\ B_n\ A_n$, se puede determinar empleando una de las conocidas fórmulas de cuadratura aproximada; así, si hacemos uso de la fórmula de Bezout, o de los trapecios tendremos:

$$S = \int_0^{na} y\,\delta x = a\left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \ldots\ldots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2}\right)$$

y si se emplea la fórmula Simpson o de las parábolas con n en número par, tendremos:

$$S = \int_0^{na} y\,\delta x = \frac{a}{3}\left(y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \ldots + 4y_{n-1} + y_n\right)$$

En Italia, en Alemania y en otras naciones se considera suficientemente aproximada para los estudios, la Regla de los Trapecios y de la cual nosotros haremos uso en nuestros cálculos.

En Inglaterra se emplea en general la regla de Simpson, la cual como hemos visto se usa para determinar el arqueo de los buques.

Con lo que acabamos de adelantar podemos pasar a la aplicación práctica para la determinación del volumen de carena empezando por la:

Determinación de la superficie de las líneas de agua. Por lo que hemos dicho anteriormente con respecto a la simetría de la carena en relación al plano diametral en nuestros cálculos haremos uso de la semilatitud *(Y)* levada en los puntos de intersección de las ordenadas con las líneas de agua. Nuestros cálculos serán efectuados para casco metálicos y relacionados con la superficie exterior de las cuadernas, calculando luego separadamente las partes sobresalientes, como ser la quilla, quillas de balance, codaste, roda, timón y hélice.

Tomemos en consideración la línea de agua *ABC* (fig. 4) relacionada con un par de ejes ortogonales en el plano de los mismos; dividida su longitud de base *A B* en n intervalos de igual amplitud a tendremos el área de la línea de agua empleando la fórmula de los trapecios o sea:

$$S = 2\left[a\left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \ldots\ldots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2}\right)\right]$$

en la cual se introduce el factor 2 para tener en cuenta las dos mitades de la línea de agua considerada.

Supongamos ahora el caso de un buque reducido a forma esquemática y en su proyección longitudinal (fig. 5), que no tenga lanzamiento de proa y que la línea de agua

inferior pase por la línea de construcción. Ella será por lo tanto un rectángulo, sección de la quilla de superficie *S*. Sea *c* la equidistancia de las *n* líneas de agua consideradas y tendremos entonces:

$$I = n\,c$$

la inmersión en las condiciones actuales de carga.

Consideremos ahora una línea de agua cualquiera y la infinitesimal cercana a la misma. El volumen comprendido entre los planos de las dos líneas de que se trata y la superficie de las cuadernas, se puede considerar de infinitesimo orden superior al de toda la carena y tendremos:

$$d\,V = S\,d\,z$$

siendo δ_y la distancia entre las dos líneas consideradas.

Para pasar desde este volumen de un elemento de carena a todo el volumen de la misma, debemos integrar para toda la inmersión o sea:

$$V = \int_0^{n\,c} S\,d\,z$$

Integral definida que se puede calcular, (aunque la *S* sea una función no conocida empleando el método ya descrito o sea:

$$V = \int_0^{n\,c} S\,dz = c\left(\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_{n-1} + \frac{S_n}{2}\right) \quad (1)$$

Determinando ahora la superficie de cada línea de agua tendremos:

$$S_0 = 2\,a\left(\frac{b_0}{2} + b_1 + b_2 + \ldots\ldots + b_{n-1} + \frac{b_n}{2}\right)$$

$$S_1 = 2\,a\left(\frac{c_0}{2} + c_1 + c_2 + \ldots\ldots + c_{n-1} + \frac{c_n}{2}\right)$$

$$S_2 + 2\,a\left(\frac{d_0}{2} + d_1 + d_2 + \ldots\ldots + d_{n-1} + \frac{d_n}{2}\right)$$

$$S_{n-1} = 2\,a\left(\frac{l_0}{2} + l_1 + l_2 + \ldots\ldots + l_{n-1} + \frac{l_n}{2}\right)$$

$$S_n = 2\,a\left(\frac{g_0}{2} + g_1 + g_2 + \ldots\ldots + g_{n-1} + \frac{g_n}{2}\right)$$

Sustituyendo en la fórmula (1) tendremos:

$$V = 2\,c\left[\frac{a}{2}\left(\frac{b_0}{2} + b_1 + b_2 + \ldots\ldots + b_{n-1} + \frac{b_n}{2}\right) + \right.$$

$$+ a\left(\frac{c_0}{2} + c_1 + c_2 + \ldots\ldots + c_{n-1} + \frac{c_n}{2}\right) +$$

$$+ a\left(\frac{d_0}{2} + d_1 + d_2 + \ldots\ldots + d_{n-1} + \frac{d_n}{2}\right) +$$

$$+ a\left(\frac{l_0}{2} + l_1 + l_2 + \ldots\ldots + l_{n-1} + \frac{l_n}{2}\right) +$$

$$\left. + \frac{a}{2}\left(\frac{g_0}{2} + g_1 + g_2 + \ldots\ldots + g_{n-1} + \frac{g_n}{2}\right)\right] =$$

$$= 2\,a\,c\left[\frac{1}{4}\left(b_0 + b_n + g_0 + g_n\right) + \right.$$

$$+ \frac{1}{2}\left(b_1 + b_2 + b_{n-1} + g_1 + g_2 + g_{n-1} + c_0 + c_n + \right.$$

$$\left. + d_0 + d_n + l_0 + l_n\right) + \left(c_1 + c_2 + c_{n-1} + \right.$$

$$\left.\left. + d_1 + d_2 + d_{n-1} + l_1 + l_2 + l_{n-1}\right)\right]$$

Esta fórmula nos dice que: *el volumen de la carena se obtiene multiplicando el doble producto de la distancia entre la línea de agua y de las ordenadas, por una suma de términos compuesta por la cuarta parte de las cuatro ordenadas que se encuentran en los vértices, aumentada en la mitad del valor de las ordenadas que se*

encuentran en el perímetro; más la suma de las ordenadas intermedias del conjunto formado por los planos de las líneas de agua y los de las ordenadas.

Una carena en la práctica, no se presenta en la forma que hemos considerado, la proa tiene un lanzamiento, que impide que todas las líneas de aguas concluyan sobre la misma ordenada. Dada la insignificancia de los términos que se deben omitir no tiene importancia lo expuesto. Si se quiere tener en cuenta el error, se tendrá que modificar convenientemente la línea de agua en su extremidad. Dicha operación se llama *Corrección de las líneas de agua*, y su explicación la encontrará el alumno en el apéndice de este libro.

Determinado el volumen de carena *V* y multiplicado por el peso específico *d* del líquido de que se trate obtendremos como ya hemos visto el valor *d V* del desplazamiento.

Se puede determinar también el volumen de carena operando sobre las superficies de las cuadernas y razonando de la misma manera, como si se operara con la superficie de las líneas de agua. Y en efecto: llamando *L* a la distancia entre las ordenadas y considerando una ordenada cualquiera de superficie *H* y la infinitamente cercana entre estos dos planos, y la superficie externa, quedará comprendido un volumen infinitésimo, que tendrá por expresión:

$$\delta V = H \delta p$$

siendo δ_p la distancia infenitésima entre los dos planos considerados y por lo tanto el volumen total será dado por

$$V = \int_0^n H \delta p$$

y aplicando la fórmula de los Trapecios tendremos:

$$V = \int_0^n H \delta p = L\left(\frac{1}{2} H_0 + H_1 + H_2 + \dots + H_{n-1} + \frac{1}{2} H_n\right)$$

---

encuentran en el perímetro; más la suma de las ordenadas intermedias del conjunto formado por los planos de las líneas de agua y los de las ordenadas.

Una carena en la práctica, no se presenta en la forma que hemos considerado, la proa tiene un lanzamiento, que impide que todas las líneas de aguas concluyan sobre la misma ordenada. Dada la insignificancia de los términos que se deben omitir no tiene importancia lo expuesto. Si se quiere tener en cuenta el error, se tendrá que modificar convenientemente la línea de agua en su extremidad. Dicha operación se llama *Corrección de las líneas de agua*, y su explicación la encontrará el alumno en el apéndice de este libro.

Determinado el volumen de carena V y multiplicado por el peso específico Δ del líquido de que se trate obtendremos como ya hemos visto el valor ΔV del desplazamiento.

Se puede determinar también el volumen de carena operando sobre las superficies de las cuadernas y razonando de la misma manera, como si se operara con la superficie de las líneas de agua. V en efecto: llamando L a la distancia entre las ordenadas y considerando una ordenada cualquiera de superficie H y la infinitamente cercana entre estos dos planos, y la superficie externa, quedará comprendido un volumen infinitésimo, que tendrá por expresión:

$$\delta V = H \, \delta p$$

siendo δ_p la distancia infinitésima entre los dos planos considerados y por lo tanto el volumen total será dado por

$$V = \int_0^n H \, \delta p$$

y aplicando la fórmula de los Trapecios tendremos:

$$V = \int_0^n H \, \delta p = L \left(\frac{1}{2} H_0 + H_1 + H_2 + \ldots + H_{n-1} + \frac{1}{2} H_n \right)$$

CAPÍTULO III

Escala de los desplazamientos y problemas que se resuelven con ellas

Como hemos visto, el desplazamiento

$$D = d\,V$$

nos da el peso del buque considerado.

En este caso para hallar el volumen de carena se ha tomado como límite la línea de flotación, y del mismo modo podremos determinar el volumen limitado por una línea de agua cualquiera. Tomemos por ejemplo cinco líneas de agua S_0, S_1, S_2, S_3, S_4. El volumen comprendido hasta la cuarta línea de agua será:

$$V_4 = c\left(\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 + S_3 + \frac{S_4}{2}\right)$$

hasta la tercera línea de agua será:

$$V_3 = c\left(\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 + \frac{S_3}{2}\right)$$

y así sucesivamente para las otras líneas de agua.

Conocidos los volúmenes correspondientes a los varios calados y multiplicándolos por *d* tendremos los correspondientes desplazamientos D_0, D_1, D_2, D_3, D_4.

Trazemos dos ejes coordenados *O C, O D.* Sobre el primero marquemos en una escala conveniente las inmersiones medidas desde la cara inferior de la quilla a las varias líneas de agua y marquemos también una escala en milímetros y centímetros (Fig. 6.).

Sobre el eje *O D* señalamos los desplazamientos medidos en toneladas en una conveniente escala. Por los pun-

tos correspondientes a las inmersiones se hacen pasar absizas proporcionales a los desplazamientos D_0 , D_1 , D_2 , etc., obteniendo así una serie de puntos que unidos con una línea continua determinan lo que se llama *curva de los desplazamientos* y todo el conjunto, da por resultado la *Escala de los desplazamientos.*

Podemos por lo tanto describir la escala de los desplazamientos como un diagrama en el cual se pueden medir las variaciones de los calados correspondientes a la variación de los desplazamientos y viceversa.

Con la escala de los desplazamientos se resuelven varios problemas que se presentan en la práctica, los más importantes de los cuales, son lo que vamos a explicar a continuación:

1.º *Determinar el peso del casco.* -- O sea el peso del buque pronto para hacerse a la mar pero sin carga. Se toma la inmersión a proa y a popa i_v e i_n y se toma la media aritmética *i m* de los mismos; tendremos $i\,m = \frac{i_v - i_n}{2}$

Se lleva la longitud *i m* sobre el eje de los calados y se conduce por el punto I_m así obtenido, la D_1 paralela a la *O D* que determina sobre la curva de los desplazamientos un punto *V.* Trazando ahora desde este punto una perpendicular a *G D* el punto V_1 sobre la misma nos da el elemento buscado.

2.º *Determinar la carga máxima que un buque puede transportar.*—Dado por medio de las tablas del Freeboar y como ya hemos visto en el Capítulo II, la inmersión máxima a la cual se puede llevar un buque en relación con las buenas condiciones de flotabilidad, navegación y estabilidad, se determina de la misma manera que la del caso anterior el correspondiente desplazamiento máximo *D'*. La diferencia *D' D*, nos da la carga máxima llamada por los ingleses dead Weigths capacity (capacidad de peso muerto).

3.º *Cantidad de carga que se necesita embarcarsión o desembarcar para llevar el buque a determinada inmersión* (menor o mayor).—Si el buque está en una inmersión i_v y se quiere llevar a la inmersión i_n se determinan como en el primer caso los desplazamientos correspondientes *D'*, *D* y la diferencia de los mismos nos da el peso buscado.

Aumento del calado de un buque cuando pasa del agua de mar al agua dulce. — Indicando con *V* el volumen en agua de mar y con *a* la diferencia de la inmersión corres-

pondiente a los dos calados y con *S* la superficie de la línea de flotación en agua de mar tendremos que:

$$S \times a$$

es igual al aumento de volumen debido al pasaje desde el agua de mar al agua dulce, pues esta parte de casco se puede considerar cilíndrica, y por lo tanto:

$$(V + S\,a)\,1$$

representará el desplazamiento o peso de agua dulce que es igual al desplazamiento *D* en agua de mar.

Tendremos por lo tanto:

$$(V + S\,a)\,1 = D$$

y siendo

$$V = \frac{D}{1{,}026}$$

tendremos:

$$\left(\frac{D}{1{,}026} + S\,a\right) 1 = D$$

de la cual

$$S\,a = D\left(1 - \frac{1}{1{,}026}\right)$$

y todavía

$$a = \frac{D}{S}\left(1 - \frac{1}{1{,}026}\right)$$

pero se hace

$$1 - \frac{1}{1{,}026} = \frac{1}{40}$$

con aproximación hasta los milésimos y por lo tanto:

$$a = \frac{1}{40} \times \frac{D}{S}$$

Tonelada por centímetro de inmersión.—O sea la cantidad de carga que se debe embarcar o desembarcar para producir un aumento o una disminución de inmersión de un centímetro.

Sea *S* la superficie de la línea de flotación en metros cuadrados y entonces:

$$S \times 0{,}01$$

representará las toneladas por un centímetro de inmersión en agua dulce y las toneladas por centímetro de inmersión en agua de mar se obtendrán con el producto

$$(S \times 0{,}01)\ 1{,}026$$

Calculando las toneladas por centímetros de inmersión en cada línea de agua, se puede trazar una curva análoga a la del desplazamiento que indicará las toneladas por centímetro de inmersión a un calado determinado.

Para mayor comodidad, todos los elementos que constituyen la escala de los desplazamientos se reunen en un cuadro como el de la escala de carga (véase capítulo IV) con los cuales se pueden resolver los problemas que hemos tratado.

CAPITULO IV

Determinación de las coordenadas del centro de gravedad de una línea de agua y de las coordenadas del centro de gravedad del volumen de carena.

Hemos visto, en el Capítulo I, que la resultante de los empujes verticales que operan sobre un flotador, no coincide con el centro de carena, y que no obstante se encuentra sobre la misma vertical. Ahora bien: observando que el empuje es una fuerza que opera según la vertical, podremos sustituir la determinación de la posición del centro de empuje, con la determinación, que resulta más simple, del centro de carena, y luego conduciendo la vertical que pasa por dicho centro, tendremos definida la línea de acción del empuje.

De lo expuesto se deduce que se deberán determinar las dos coordenadas del centro de carena, posición en altura y posición en longitud, porque la tercera coordenada, distancia desde el plano de simetría, es nula, dada la simetría de la carena en relación al plano longitudinal.

Para el desarrollo de nuestro tema debemos saber calcular el valor de la integral definida

$$\int_0^{na} x\,y\,dx$$

en la cual es $y = f(x)$ una función de la x que no se conoce, y de la cual se conocen los valores y_0, y_1, y_2, ... y_n correspondientes a los valores x que aumentan progresivamente en la misma cantidad.

Podemos representar gráficamente esta función trazando dos ejes ortogonales Ox y Oy (fig. 7) y llevando en correspondencia de las abcisas A_0, A_1, A_2, A_3, A_{n-1}, A_n, las ordenadas y_0, y_1, y_2, y_3, y_{n-1}, y_n. Los puntos así obtenidos se unen con una línea que deberá resultar con-

tinua si se considera continua la función y. Se obtendrá, así la superficie $A_0\, B_0\, B_n\, A_n$ y de la cual consideraremos un elemento infinitesimal A B B' A'.

El área de este elemento está representado por

$$y\, dx$$

siendo dx la extensión en longitud del mismo; y su momento estático respecto al plano conducido por el eje Oy perpendicular al plano xOy será $x\, y\, d\, x$. Y por lo tanto, el momento total del área $A_0\, B_0\, B_n\, A_n$ respecto al mismo plano será:

$$\int_0^{n\,a} x\, y\, dx$$

Debemos ahora determinar este momento, para lo cual descompondremos la superficie $A_0\, B_0\, B_n\, A_n$, en trapecios considerando rectilíneos los trozos de curvas comprendidos entre dos ordenadas consecutivas. Luego, trazando sus diagonales se reducirán a triángulos.

La suma de los momentos de estos elementos nos da el momento de toda el área considerada.

Busquemos estos momentos:

Momento del área del triángulo $A_0\, B_0\, B_1$ = área del triángulo $A_0\, B_0\, B_1 \times$ la distancia de su centro de gravedad desde Oy, o sea.

$$\left(\frac{1}{2}\, y_0\, a\right)\frac{1}{3}\, a$$

Momento área del trapecio $A_0\, B_1\, B_2\, A_1$ = área trapecio $A_0\, B_1\, B_2\, A_1 \times$ distancia de su centro de gravedad desde Oy, o sea:

$$= (y\, a)\, a$$

y esto porque G se debe encontrar sobre $A_1\, B_1$ por la razón de que los triángulos $A_0\, B_1\, A$ y $A_1\, B_2\, A_2$ son equivalentes (base y altura iguales).

Procediendo de la misma manera para todos los otros trapecios y para el último rectángulo tendremos:

Momento área trapecio $A_1 B_2 B_3 A_2$ = área trapecio $A_1 B_2 B_3 A_2 \times$ distancia de su centro de gravedad desde el eje *Oy*, o sea:

$$= (y_2\ a)\ 2a$$

Momento trapecio $A_{n-2} B_{n-1} B_n A_{n-1} = (y_{n-1}\ a)\ (n-1)a$

Momento triángulo $A_{n-1} B_n A_n$

$$= \left(\frac{1}{2} y_n\ a\right) \left(n - \frac{1}{3} a\right)$$

Sumando miembro a miembro y tomando el momento de la suma igual a la suma de los momentos tendremos:

$$M = \text{momento del área } A_0 B_0 B_n A_n = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} y_0 a^2 + y_1 a^2 +$$

$$+ 2 y_2 a^2 + \ldots\ldots + (n-1) y_{n-1} a^2 + \frac{1}{2} y_n \left(n - \frac{1}{3}\right) a^2$$

o sea:

$$M = \int_0^{n\,a} x\ y\ dx = a^2 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} y_0 + 1\, y_1 + 2\, y_2 +\right.$$

$$\left. + 3\, y_3 + \ldots\ldots + (n-1) y_{n-1} + \left(n - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} y_n\right)\right)$$

El área *S* de la superficie considerada está representada por:

$$S = a\left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \ldots\ldots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2}\right)$$

de manera que su momento respecto al plano de traza *Oy* designando con X_G la distancia del centro de gravedad de la superficie *S* al plano de los momentos, será:

$$S \times x_G = \int_0^{n\,a} x\ y\ dx$$

de la cual:

$$X_G = \frac{\int_0^{na} x\ y\ dx}{S} =$$

$$= a \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + \ldots\ldots + (n-1) y_{n-1} + \left(n - \frac{1}{3}\right) \frac{1}{2} y_n}{\frac{1}{2} y_0 + y_1 + y_2 + \ldots\ldots + y_{n-1} + \frac{1}{2} y_n}$$

Pasemos ahora a la aplicación de lo expuesto para el caso de un buque del cual se tenga el corte longitudinal (fig. 8) relacionado a dos ejes ortogonales Ox, Oy. Indiquemos con A_0, A_1, A_2, A_3, ... A_{n-1}, A_n las áreas de las ordenadas, limitadas a la línea de flotación que se considera, y estudiemos una ordenada A cuya distancia desde la perpendicular de popa sea x, y contemplemos también la ordenada infinitamente cercana a la primera y llamando con dx la distancia entre ellas que es infinitésima, tendremos que el volumen comprendido entre estas dos ordenadas, será:

$$A\ dx$$

y su momento respecto a un plano conducido por la perpendicular de popa, normal al plano de simetría, será:

$$A\ dx\ x$$

Y por consiguiente, el momento estático de toda la carena, será:

$$M = \int_0^{na} x\ A\ dx$$

En esta integral definida, A es una función de x no conocida y de la cual se conocen algunos valores correspondientes a los valores de la abcisa o sea:

$$A_0 = 0$$
$$A_1 = a$$
$$A_2 = 2a$$
$$\vdots \quad \vdots$$
$$A_{n-1} = (n-1)\,a$$
$$A_n = n\,a$$

Aplicando por lo tanto el cálculo de la integral en cuestión, tendremos, por lo que se ha demostrado:

$$M = \int_0^{n\,a} A\,x\,dx = a^2 \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} A_0 + 1\,A_1 + 2\,A_2 + \ldots\ldots + (n-1)\,A_{n-1} + \left(n - \frac{1}{3}\right)\frac{1}{2} A_n \right]$$

Sea *G* el centro de gravedad de la carena y sea X_G la abcisa del mismo que pasa por la perpendicular de popa. Entonces tendremos que momento

$$M = V\,x_G$$

en la cual *V* es el volumen de la carena que, como hemos visto, está representado por

$$V = a\left(\frac{A_0}{2} + A_1 + A_2 + \ldots\ldots + A_{n-1} + \frac{A_n}{2}\right)$$

y por lo tanto será:

$$x_G = a\,\frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} A_0 + A_1 + 2A_2 + \ldots\ldots + (n-1)\,A_{n-1} + \left(n - \frac{1}{3}\right)\frac{1}{2} A_n}{\frac{1}{2} A_0 + A_1 + A_2 + \ldots\ldots + A_{n-1} + \frac{1}{2} A_n}$$

que representa la abcisa que se buscaba.

En general, para efectuar los cálculos de las abcisas del centro de carena, se prefiere tomar los momentos respecto a la ordenada del medio, en lugar de tomar los mismos respecto a la perpendicular de popa. De esta manera se obtienen factores más pequeños y los varios términos que

forman el numerador, son, en parte, positivos y en parte negativos.

Determinación de la ordenada del centro de gravedad desde la línea de construcción.

De una manera perfectamente análoga se determina la altura Z_G del centro de gravedad G desde la línea de flotación.

Indiquemos con S_0, S_1, S_2, ... S_n las áreas de las varias líneas de agua correspondientes a las inmersiones o, c, 2c, ... nc, siendo c el intervalo común. Tomando los momentos de dichas líneas de agua respecto al plano que resulta normal al plano de simetría en correspondencia con la línea de construcción, tendremos:

$$Z_G = c\,\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{3}S_0 + S_1 + 2S_2 + \ldots\ldots + (n-1)S_{n-1} + \left(n - \frac{1}{3}\right)\frac{1}{2}S_n}{\frac{1}{2}S_0 + S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_{n-1} + \frac{1}{2}S_n}$$

Curva de los centros de gravedad.

De la misma manera que se han determinado las coordenadas x_G y Z_G del centro de carena G se pueden determinar las coordenadas x'_G y Z'_G del centro G' de la carena, limitada por una línea de inmersión cuya inmersión es i'. Por consiguiente, considerando dividido el casco por un número determinado de líneas de flotación paralelas entre ellas, se puede determinar, para cada una de las mismas, las coordenadas correspondientes x_G y Z_G.

Podremos así construir dos diagramas (fig. 9) los cuales sobre los valores de las inmersiones, tomadas como ordenadas, darán los valores de las x_G y Z_G tomadas como abcisas.

Estos dos diagramas pueden servir para determinar la posición experimentada por el centro de carena cuando el buque pasa a una inmersión i'. Uniendo las posiciones G G', etc., del centro de carena con una línea continua tendremos construída la Curva de los Centros de Carena.

Abcisa del centro de gravedad de la línea de flotación.

Como esta determinación es muy importante para los cálculos que se desarrollarán a continuación, es conveniente hacer la explicación de la misma.

Ella se determina empleando el mismo procedimiento ya explicado para este fin, o sea: llamando y_0, y_1, ... y_n las ordenadas y con a la distancia común entre ellas;

la distancia X_g del centro de gravedad g de la línea de de flotación considerada, desde la perpendicular de popa será:

$$X_g = a \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} y_0 + y_1 + 2 y_2 + \ldots\ldots + (n-1) y_{n-1} + \left(n - \frac{1}{3}\right) \frac{1}{2} y_n}{\frac{1}{2} y_0 + y_1 + y_2 + \ldots\ldots + y_{n-1} + \frac{1}{2} y_n}$$

Para no tener factores muy grandes, se acostumbra medir la abcisa x_g tomando por plano de relación un plano que resulta perpendicular al de simetría en correspondencia de la línea de construcción.

Cálculos para la Estabilidad

Un buque cualquiera debe tener en grado suficiente, la aptitud de enderezarse, cuando, por alguna causa externa que no altera el desplazamiento, fuera escorado; o sea: debe poseer cierto grado de estabilidad. En el estudio de la estabilidad se puede considerar que el buque tenga una rotación alrededor de un eje longitudinal, que interese la estabilidad transversal manifestada cuando el buque tiene movimiento de rolio y que es la más importante en la práctica.

Se puede también considerar que el buque tenga una rotación alrededor de un eje transversal, que interesa la estabilidad longitudinal que se manifiesta en los movimientos de cabeceo y que es mayor que la transversal debido a las formas del buque. La estabilidad longitudinal no se estudia de manera especial para conocer la seguridad del buque; su estudio se dedica especialmente a conocer el arreglo según el cual se dispone el buque en determinadas condiciones de carga; o dicho en otra forma: el estudio de la estabilidad transversal, nos da el medio para distribuir con criterio los pesos a bordo

Se debiera tener en cuenta también la rotación del buque alrededor de ejes que no son ni longitudinales ni transversales; pero estos estudios se hallan poco generalizados, reduciéndose siempre el problema al conocimiento de la estabilidad transversal y longitudinal.

Estabilidad transversal. Consideremos un buque en equilibrio en aguas tranquilas, y con el plano de simetría vertical (fig. 10). Sea $A\ B$ la traza del plano de flotación, sea G el centro de gravedad de los pesos, sea C el centro de carena.

En general, la posición del centro de gravedad se encuentra sobre el centro de carena, por la razón de que una parte considerable de los pesos se encuentra sobre el plano de flotación.

Si G se encuentra en una posición más baja que la de C, como pasa en los submarinos y que impide a los mismos que se tumben, o como se manifiesta en los buques cargados con materias muy pesadas, (minerales) en cuyo caso el buque trabajaría con exceso sobre las olas, por la razón de que sus movimientos de rolio serían muy lentos.

Sea P el peso del buque, S el peso del volumen de agua desalojada por el casco; entonces, en virtud del principio de los vínculos, estamos en condiciones de considerar al buque como si no tuviera peso y no estuviese sumerjido en el agua; pues podremos suponer aplicadas en G y en C dos fuerzas P y S iguales respectivamente al peso y al empuje. Para que el equilibrio subsista debe realizarse la igualdad:

$$S = P$$

ambas verticales y dispuestas sobre la misma vertical.

Supongamos ahora que el buque experimenta una rotación alrededor de un eje longitudinal, teniendo invariable su peso, lo que se obtendrá aplicando al buque un par $(p\ p')$ que opere en un plano transversal (fig. 11).

Sea $A'\ B'$ la nueva posición del plano de flotación. En la rotación que hemos supuesto el centro G no ha cambiado de posición porque los pesos han permanecido invariables, pero el centro C habrá pasado a ocupar la posición C' porque la carena final $A'DB'$ resulta de la carena inicial ADB si se le agrega la cuña BOB' y se le quita la cuña AOA'. También en esta posición podemos considerar el buque sin peso y no sumerjido, cuando a los puntos G y C' apliquemos respectivamente el peso P y el nuevo empuje S' conservando siempre el par $(p\ p')$. En este caso, para que subsista el equilibrio deberá ser $P = S'$ pero hemos visto que $P = S$ y por consiguiente será

$$S' = S$$

En otros términos: siendo el volumen de carena *A'DB'* igual al volumen de carena *ADB*, resulta que el menisco de inmersión será igual al volumen del menisco emergente y por lo tanto, las fuerzas *P* y *S'* constituyen un par, cuyo momento debe ser igual y contrario al momento del par *(p p')*. De tal manera, el buque se inclinará hasta que el punto *C'* haya ocupado una posición tal, que el momento del par, llamado de Estabilidad, resulte igual al momento del par externo.

De lo expuesto, se deduce que el efecto de las fuerzas *(p p')*, es el de transportar la fuerza *S* de manera que llegue a pasar por el punto *C'*.

Si cuando el buque se encuentra en una posición inclinada de equilibrio suprimimos el par *(p p')*, el buque experimentará una serie de oscilaciones, cuya amplitud irá disminuyendo a causa de la resistencia del líquido ambiente, hasta ocupar la posición primitiva. Indiquemos con *M* el punto de intersección de la dirección *C' S'* con la dirección *C G*, cuando el ángulo de inclinación α sea muy pequeño (teóricamente infinitésimo; prácticamente igual o menor de 8.º), el punto *M* toma el nombre de *Meta Centro*. O en otra forma: llamamos Meta Centro, al punto de intersección de la vertical que pasa por el centro de carena en posición de equilibrio, con la vertical que pasa por el centro de carena en una posición infinitamente próxima, supuesta la primera arrastrada por el buque.

Expresión del momento del par de Estabilidad.

Todo buque debe tener el punto *M* sobre el punto *G* como hemos supuesto en el caso de la figura 11. En este caso, el par de estabilidad tiende a enderezar el buque cuando se elimine la fuerza exterior. Si por el contrario el punto *G* (fig. 12) se encuentra sobre el punto *M*, el par *(P S')* tiende a aumentar la inclinación del buque hasta determinar su inversión o, por lo menos, a hacerlo inclinar hasta una posición de equilibrio estable, diferente de la posición derecha, que debe estudiarse para darse cuenta si ella es compatible con la seguridad y con la flotabilidad de la nave. Y finalmente, si *M* coincide con *G*, no existe el par de estabilidad porque se manifiestan dos fuerzas *P* y *S'* iguales y dirigidas en sentidos opuestos, que se eliminan.

Recordando lo que nos enseña la Mecánica con respecto al equilibrio diremos:

1) Que cuando el punto *M* se encuentra sobre el punto *G,* el buque se encuentra en equilibrio estable o sea, tiene estabilidad.

2) Que cuando el punto *M* se encuentra por debajo del punto *G,* el buque se halla en equilibrio inestable o sea, no posee estabilidad.

3) Que cuando el punto *M* coincide con el punto *G,* el buque se encuentra en equilibrio indiferente o sea, no posee estabilidad.

De lo expuesto, se deduce que todos los buques deben encontrarse siempre en el primero de los casos estudiados.

Hasta ahora hemos considerado, para mayor sencillez, que el desplazamiento *C C'* se manifestaba en un plano transversal, lo que en general no se verifica, por la razón de que el afinamiento de la forma del cuerpo proel y la del cuerpo popel, son diferentes y por lo tanto, los centros de gravedad de los dos meniscos no tienen la misma abcisa, encontrándose de tal manera el punto *C'* más a proa o más a popa de *C.* De lo expuesto se infiere que la definición más exacta del Meta Centro es la siguiente: *el Meta Centro es el punto de intersección de la vertical, conducido por el punto C', con el plano de simetría.*

El desplazamiento longitudinal del centro de carena es muy pequeño, lo que es suficiente como para inclinar la quilla del buque. La primera definición del Meta Centro es válida para un pontón de formas paralelepípedas.

Expresión del momento del par de Estabilidad.

Indiquemos con *W* (fig. 13) el momento del par de estabilidad, con ρ la altura *C M* que llamaremos *radio metacéntrico;* y con *b* indiquemos la distancia *CG* del centro de gravedad desde el centro de carena. Hagamos pasar por el punto *G* la perpendicular a la dirección del empuje, sea *H* el punto en el cual dicha perpendicular encuentre la *C' S';* tendremos entonces:

$$W = P \times GH = P \times GM \text{ sen } \alpha$$

pero

$$GM = CM - CG$$

y por consiguiente

$$W = P (CM - CG) \text{ sen } \alpha$$

y todavía

$$CM = \varrho \quad y \quad CG = b$$

por consiguiente

$$W = P (\varrho - b) \text{ sen } \alpha \quad (1)$$

Si consideramos $\alpha = 0$ será $W = 0$; lo que demuestra que en la posición derecha las fuerzas *P* y *S* deben encontrarse sobre la misma vertical.

La expresión (1) se puede escribir también bajo la forma siguiente:

$$W = P \varrho \text{ sen } \alpha - P b \text{ sen } \alpha$$

lo que demuestra que el momento del par de estabilidad se compone de dos fuerzas: la primera de ellas o sea la ($P \varrho$ sen α), llamada ***estabilidad de forma,*** depende especialmente de las formas del buque; la segunda o sea la ($P b$ sen α), llamada ***estabilidad de peso,*** depende, en modo especial, del arreglo de los pesos a bordo.

Para resolver la fórmula (1) es necesario hallar el valor del radio ϱ del Meta Centro lo que haremos enseguida:

Cómputo del Radio de meta centro

Hemos visto que volumen carena A'DB' = volumen carena A D B + volumen cuña B' O B — volumen cuña A O A' por haber probado que volumen carena A' D B' = volumen carena ADB; por consiguiente volumen cuña B'OB = volumen cuña A O A' y empleando anotaciones abreviadas tendremos $v = v'$ (fig. 14).

Para la consideración analítica del problema, admitiremos que la superficie de una carena comprendida entre el plano de flotación *AB* y *A' B'* sea de revolución generada por la línea inicial de flotación, lo que se puede admitir suponiendo muy pequeña la amplitud del ángulo α.

Considerando ahora la igualdad $v = v'$ y recordando el teorema de Guldino, se deducirá que la rotación del casco debe haberse producido alrededor de un eje longitudinal (por hipótesis) que pasa por el centro de gravedad de la figura del plano de flotación y por consiguiente contenido en el plano de simetría. Indiquemos con *g* y *g'* los centros de gravedad de las dos cuñas de volumen *v*. Sea *V* el vo-

lumen de la carena inicial, o lo que es lo mismo, de la final. Por el hecho de que las dos cuñas de volumen v son sólidos de revolución, dichos centros de gravedad se encuentran en el plano bisector del diedro $(\overline{AB}\ \overline{A'B'})$ y por consiguiente la línea de conjunción gg' pasa por O.

Llamando con δ el peso de la uninad de volumen del líquido, será δV el peso de la carena aplicado en C y será δv y $\delta v'$ el peso de cada cuña aplicado respectivamente en g y g'. Componiendo estas tres fuerzas se obtendrá la fuerza $S' = \delta V$ aplicada en C' Se debe ahora demostrar que CC' es paralela a la gg'. Recordemos que el momento de fuerzas paralelas, tomadas respecto a un plano, subsiste también cuando las distancias son computadas en sentido oblicuo. Tomemos ahora por plano de los momentos, el plano que tiene por traza la gg' y midamos las distancias paralelas a la OC.

Por el principio citado deberá ser:

$$\delta V \times O'C' = \delta V \times OC + \delta v \times \text{cero} - \delta v \times \text{cero}$$

de la cual

$$OC = O'C'$$

como se quería demostra.

Cómputo del Radio de meta centro

Considerando ahora por plano de los momentos el que tiene por traza OC siempre por el principio de los momentos de las fuerzas tendremos que

$$\delta V \times CC' = \delta V \times \text{cero} + \delta v \times Og + \delta v' \times Og'$$

Siendo el signo (+) del término ($\delta v' \times Og'$) debido a la superposición de dos signos (—), el primero de ellos debido al hecho de que la fuerza δV es negativa si los otros son considerados positivos y el segundo, al hecho de que la distancia Og' está unida en la banda opuesta de la Og respecto a O y por consiguiente negativa si aquélla se ha tomado como positiva.

Por consiguiente:

$$\delta V \times CC' = \delta v\ (Og + Og') = \delta v \times gg'$$

de la cual

$$CC' = \frac{\delta v \times gg'}{\delta V} = \frac{v \times gg'}{V} \quad (1)$$

Consideremos ahora el triángulo *MCC'* que tiene el ángulo en $M = \alpha$ y el ángulo en $C = 90^o - \frac{\alpha}{2}$ porque *CC'* es paralela a *gg'* y entonces el ángulo en

$$C' = 180^o - \left(\alpha + 90^o - \frac{\alpha}{2}\right) = 90^o - \frac{\alpha}{2}$$

de manera que el triángulo resulta isósceles.

Por la conocida relación entre los elementos de un triángulo tenemos:

$$\frac{CM}{\operatorname{sen}\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{CC'}{\operatorname{sen} \alpha}$$

de la cual

$$CM = CC' \frac{\operatorname{sen} 90^o - \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{sen} \alpha}$$

Pero:

$$\operatorname{sen} 90^o - \frac{\alpha}{2} = \cos \frac{\alpha}{2}$$

y por consiguiente:

$$CM = CC' \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{sen} \alpha}$$

CM es lo que tenemos indicado con ρ y sustituyendo a *CC'* su valor dado por la (1) tendremos:

$$\rho = CM = \frac{v\, g\, g'}{V} \times \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{sen} \alpha}$$

Habiendo considerado α muy pequeño por medio de aproximaciones, podremos considerar:

$$\cos\frac{\alpha}{2} = 1 : \qquad \text{sen}\ \alpha = \alpha$$

y entonces queda

$$\rho = \frac{v\ g\ g'}{\alpha\ V} \qquad (2)$$

Para la determinación de la cantidad ρ se necesita, como se ve, el cómputo del producto $(v \times gg')$. Para este fin consideraremos la figura de la línea de flotación, que se refiere a un par de ejes, uno Ox en el plano de simetría, el otro Oy normal a Ox. Sea y el ancho medio de la línea de flotación en correspondencia de una abcisa x, llamando δx un intervalo infinitesimal podremos considerar que $y \times \delta x$ es el área de un elemento de la línea de flotación, el cual en su rotación alrededor del eje Ox genera un volumen que, por el principio de Guldino, es dado por

$$\delta v = y\ dx \times \frac{1}{2}\ y\ \alpha$$

Y el momento de este volumen respecto al mismo eje es dado por

$$\delta u = \delta v \times \frac{2}{3}\ y = \frac{1}{2}\ y^2\ \alpha\ \delta x\ \frac{2}{3}\ y = \frac{1}{3}\ y^3\ dx\ \alpha$$

y esto porque mediante la pequeñez de α se puede parangonar este volumen elemental a un pequeño prisma elemental triangular cuyo centro de gravedad se encuentra precisamente a $^2/_3$ de una de las medianas desde la base.

Si consideramos también el elemento simétrico, encontramos para este otro momento elemental dado por:

$$du' = \frac{1}{3}\ y^3\ dx\ \alpha$$

y por consiguiente el momento de la línea de flotación es dado por:

$$du + du' = \frac{1}{3} y^3 \, dx \, \alpha + \frac{1}{3} y^3 \, dx \, \alpha = \frac{2}{3} y^3 \, dx \, \alpha$$

Y entonces el momento definitivo de toda la línea de flotación es dado por:

$$v = gg' = \int_0^{n\,a} \frac{2}{3} y^3 \, dx \, \alpha = \frac{2}{3} \alpha \int_0^{n\,a} y^3 \, dx:$$

y por la (2) tendremos que:

$$\varrho = \frac{2}{3} \cdot \frac{\int_0^{n\,a} y^3 \, dx}{V} \qquad (3)$$

Para calcular la integral definida $\int_0^{n\,a} y^3 \, dx$, construíremos una curva auxiliar la que representará gráficamente la función $y^3 = f(x)$ valiéndonos como siempre de las ordenadas: y_0, y_1, y_2, y_3, ... y_{n-1}, y_n y de la abcisa o, a, 2 a, 3 a, ... n — 1 a, n a.

Un elemento de área de este diagrama vale evidentemente $y^3 \, dx$; y por consiguiente el área total limitada por la curva vale $\int_0^{n\,a} y \, 3 \, dx$; o sea vale el momento buscado.

Consideremos $y^3 = q$, entonces la (3) será:

$$\varrho = \frac{2}{3} \cdot \frac{\int_0^{n\,a} q \, dx}{V} \qquad (4)$$

y si tenemos que para

$x = 0$	$q = y_0^3$
$x = a$	$q_1 = y_1^3$
$x = 2a$	$q_2 = y_2^3$
⋮	⋮
$x \; na$	$q_n = y_n^3$

a expresión del area A es dada por:

$$A = a\left(\frac{y_0^3}{2} + y_1^3 + y_2^3 + \ldots\ldots\ y_{n-1}^3 + \frac{y_{na}^3}{2}\right)$$

y substituyendo en la (4) tendremos:

$$\varrho = \frac{2}{3}\,\frac{a\,\dfrac{y_0^3}{2} + y_1^3 + y_2^3 + \ldots\ldots + y_{n-1}^3 + \dfrac{y_{na}^3}{2}}{V} \qquad (5)$$

La cantidad:

$$a\,\frac{y_0^3}{2} + y_1^3 + y_2^3 + \ldots\ldots + y_{n-1}^3 + \frac{y_n^3}{2}$$

representa el momento de inercia de la superficie de flotación, respecto al eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad de dicha superficie, lo que quiere decir que la estabilidad de un buque depende directamente de este último momento.

Estabilidad de forma y estabilidad de peso

Volviendo a considerar el par de estabilidad representada por:

$$W = (P\,\varrho \operatorname{sen}\alpha) - (P\,b \operatorname{sen}\alpha) \quad (6)$$

y examinando la relación (5) se deduce que ϱ depende de las ordenadas de la flotación y del volume de la carena, por consiguiente el primer término de la (6) merece el nombre que se le asigna o sea de ***estabilidad de forma***. Y en efecto: en cualquier forma que esté dispuesto el peso *P*, el término en cuestión no se altera. El segundo término por lo contrario, varía de acuerdo con la distribución de los pesos a bordo, por la razón de que en el mismo hace parte la cantidad *b* la cual depende de la posición en altura del centro de gravedad de los pesos, y por lo tanto a dicho término le cabe el nombre de ***estabilidad de peso***.

En el caso de que un buque no reúna las condiciones requeridas de estabilidad, se podría recurrir a dos métodos para modificar la misma:

1.º Se puede aumentar el valor del primer término de la fórmula (6) o sea aumentar el valor de la cantidad *P*, lo que se puede obtener colocando en la superficie exte-

rior del casco en correspondencia de la línea de flotación una serie de tablones, los que constituirán lo que se llama *cintura de flotación* (en francés *souflage*). De esta manera se aumenta los valores de las ordenadas del plano de flotación, aumentando por lo tanto el valor de ϱ.

2.º Se puede disminuir el valor del segundo término de la (6) o sea (Pb sen α) variando el valor de b lo que equivale a bajar el centro de gravedad del buque. Se obtiene este fin, colocando lo más bajo posible las mercaderías pesadas y en lo alto las livianas. Si esto no fuera suficiente se recurrirá al lastre fijo disponiéndolo en el fondo de las bodegas. (Véase aplicación numérica en el apéndice).

CAPITULO V

Determinación experimental de la posición del centro de gravedad de los buques. — Prueba de estabilidad.

La determinación analítica del centro de carena no ofrece dificultad y se puede efectuar con suficiente aproximación. De la misma manera se obtiene el valor ϱ del radio metacéntrico correspondiente a ciertas condiciones de carga y por lo tanto del calado; y todavía, valiéndonos de los resultados de nuestros estudios, podremos construir un diagrama en el cual, sobre las inmersiones *i*, tomadas como abcisa se lleven como ordenadas los valores de los rayos ϱ.

No es así respecto a la determinación del centro de gravedad de los pesos del casco (peso propio y pesos embarcados) porque su determinación analítica llevaría a cálculos muy extensos. Se prefiere determinar esta posición con métodos experimentales, que se pueden efectuar en forma muy simple con la llamada ***prueba*** o ***experiencia de estabilidad.***

Esta prueba da por resultado el valor *b* de la fórmula:

$$W = (P \varrho \text{ sen } \alpha) - (P \text{ b sen } \alpha)$$

y por lo tanto, conociendo su término, podremos resolverla.

Supongamos un buque (fig. 15) en su posición vertical, flotante en aguas tranquilas. En la cubierta superior se disponen dos rieles paralelos sobre los cuales corre un carroo que contiene panes de ghisa constituyendo un peso determinado. Si se quiere eliminar el carro puede sustituirse con un peso *p* cuyo centro de gravedad sea *g* el que en el momento inicial se encuentra en el plano de simetría.

Verificaremos si el buque se encuentra en su posición vertical mediante una plomada que en la figura 15 se extiende desde el puente superior hasta una pileta llena de agua colocada en el fondo de la bodega.

Se mide la inmersión i desde la cara inferior de la quilla y haciendo uso de los diagramas de los centros de carena y de los rayos del meta-centro deduciremos en correspondencia de la inmersión media la ordenada Z_c del centro de carena y el valor ϱ de los rayos del meta-centro.

Desplacemos el peso p hacia la murada; por efecto de esta traslación el buque se inclinará formando un ángulo α medido por la plomada ya mencionada.

El centro de gravedad g del peso p ocupará la posición g' lo que equivale a aplicar un par $(p\,p')$ dejando el peso en su posición inicial. Por efecto de la introducción de este par el peso del buque no ha variado y por consiguiente el par de estabilidad estará representado por:

$$W = P. \times G\,H \qquad \text{(fig. 16)}$$

o sea:

$$W = P\,(\varrho - b)\,\text{sen}\,\alpha$$

A este momento debe hacerle equilibrio el del par de las fuerzas (p p') que vale:

$$w = p \times g\,r$$

pero:

$$g\,r = gg'\,\cos\alpha$$

y sustituyendo tendremos:

$$w = p \times gg'\,\cos\alpha.$$

y también:

$$p.\,d.\cos.\alpha$$

si con d llamamos la distancia gg' que se puede medir fácilmente.

Como hemos dicho anteriormente debe ser:

$$[\,P\,(\varrho - b\,)\,\text{sen}\,\alpha] = p.\,d.\,\cos.\,\delta$$

o sea la estabilidad estática es igual a la estabilidad dinámica.

La primera es igual a la resistencia que el buque presenta para inclinarse según un determinado ángulo.

La segunda es igual al trabajo mecánico necesario para producir una determinada inclinación.

La fórmula anterior se puede escribir también de la manera siguiente:

$$P \varrho \text{ sen } \alpha - P b \text{ sen } \alpha = p. d. \cos \alpha$$

de la cual

$$P \varrho \text{ tang } \alpha - P b \text{ tang } \alpha = p d$$

y todavía

$$b = \varrho - \frac{p d}{P \text{ tang } \alpha} \quad (1)$$

relación que da el valor de *b* en función de elementos conocidos y que se deducen con facilidad.

Para obtener mayor precisión, es necesario llevar el peso hacia el plano de simetría, después desplazarlo hasta la amurada opuesta a la considerada precedentemente y se hace una segunda determinación de *b*. Repitiendo luego una serie de estas operaciones se considerará como valor de *b* la media de los valores hallados.

Con respecto a la sistematización de la plomada se acostumbra a tomar como punto de suspensión la cofa (fig. 17) de un palo si el buque ya tiene los palos o como en la (fig. 15) el centro de una escotilla de la cubierta alta. La plomada llegará hasta la cubierta superior en el primer caso y en el punto más bajo de la bodega en el segundo caso. Dicha plomada llevará en su extremidad inferior una paleta de madera dispuesta en el sentido longitudinal la cual flota en una pileta llena de agua y cuyo objeto es de disminuir en manera rápida las oscilaciones de la plomada.

Sobre el borde de esta pileta se dispone una regla graduada en milímetro sobre la cual se leen los desplazamientos Δ (fig. 17) del péndulo y si Φ es la longitud conocida tendremos que:

$$\frac{\Delta}{\Phi} = \operatorname{sen} \alpha$$

Si consideramos el ángulo α muy pequeño tendremos:

$$\frac{\Delta}{\Phi} = \operatorname{tang} \alpha$$

elemento que se introduce en la fórmula (1).

Lo descrito es el método clásico de la prueba de estabilidad que se emplean en las marinas de guerra. Generalmente no se colocan ni los rieles, ni se hace uso de pesos y se substituyen a los mismos un determinado número de tripulantes del cual se conoce el peso.

Valores del brazo de Estabilidad.

Con el nombre de brazo de estabilidad se indica la diferencia (ϱ — b).

El White en su Manual de Arquitectura Naval (página 88) da los siguientes valores del brazo de estabilidad:

Buques mercantes a vela.

Con carga completa homogénea que es el caso más crítico desde	0. 30 a 0. 46
Con carga completa homogénea para buques construídos de esprofeso para el trasporte de madera	0. 60 a 0. 90
Con carga completa homogénea en general estibaje corriente.	0. 90 a 1. 08
Yates	0. 91 a 1. 21
Yates con mucha eslora y un pequeño calado.	2. 40 a 3. 00
Buques descargados de formas ordinarias aparejados y prontos para las velas .	0. 46 a 0. 82

Buques con motor.

De carga, con carga completa	0. 46 a 0. 91
De carga, con carga completa de maíz .	0. 20 a 0. 24

En todo los casos el brazo de estabilidad de un buque con motor es menor que el de un velero.

Buques de guerra.

Acorazados ingleses con arboladura . . .	1. 05 a 1. 75
Acorazados ingleses con arboladura . . .	1. 20 a 1. 46
Acorazados sin arboladura	1. 15 a 1. 20
Acorazados sin arboladura	2. 51

Monitores Norte-Americanos hasta . . . 4,20
(Véase tabla en el apéndice).

Estabilidad longitudinal

Tomemos en consideración un buque flotante en aguas tranquilas (fig. 18).

Sea *A B* el plano de flotación en las condiciones iniciales; sea *G* el centro de gravedad del buque; sea *O* el del plano de flotación y sea *C* el centro de carena. Pasemos a determinar una inclinación longitudinal del buque, aplicando para esto un par (p p') (fig. 19) que opera en el plano de simetría y por lo tanto el nuevo volumen de carena queda igual al volumen inicial. El centro de carena *C* (fig. 20) se desplazará hacia proa en una posición *C'* situada en el plano de simetría. La vertical conducida por *C'* encontrará la vertical que pasa por *C* en un punto al cual se da el nombre de ***Meta centro longitudinal*** cuando el ángulo α sea muy pequeño.

Haciendo el mismo razonamiento empleado por el estudio del Meta-centro transversal se llegará a la conclusión de que el Meta-centro longitudinal está representado por:

$$R = \frac{a\,8}{V}\left[\left(\frac{1}{2}y_1 + y_1 + 4\,y_2 + \quad + \frac{1}{2}n^2\,y_n\right)\right.$$

$$\left. + \left(\frac{1}{2}y'_0 + y'_1 + 4\,y'_2 + \quad + \frac{1}{2}\,n'^2\,y^{n'}\right)\right]$$

Disposición del Cuadro de los cálculos para el desplazamiento y para la estabilidad.

Los elementos necesarios para calcular el desplazamiento y para la estabilidad se reúnen en un cuadro llamado de los cálculos y que tiene una disposición análoga al que se expone a continuación.

(Sigue el apéndice)

CUADRO PARA LOS CALCULOS DEL DESPLAZAMIENTO Y PARA LA ESTABILIDAD (Método de los trapecios)

ORDENADAS	ORDENADAS 1.ª Linea	2.ª Linea		n − 1 Linea	n a Linea	SUMAS	CALCULO PARA LA ABCISA Factores	Productos	ABCISA DEL CENTRO DE GRAVEDAD Ordenadas de la flotación	Factores	Productos	Meta centro transversal Cubos	Meta centro longitudinal Cuadrados	Productos
	a	b	b'	b''	c	d	e	dc	2c	f	2. c. f	$2c^3$	g	g. 2c
P_p de popa..	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}$ y	—	$\frac{1}{2}$ y	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}O_0$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{2}O_0$	$\frac{1}{2}$ y	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{2}\cdot y$	$\frac{1}{2}y^3$	—	—
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	O_1	1	$1.O_1$	y	1	1. y	y^3	—	—
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	O_2	2	$2.O_2$	y	2	2. y	y^3	—	—
—	—	—	—	—	—	—	3	$3.O_3$	y	3	3. y	y^3	9	- -
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	0	—	—	—	—	—	—	4	—
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	0	—	—	—	—	—	—	1	—
Sec. maestra.	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}$ y	—	$\frac{1}{2}$ y	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}O_n$								
Suma AD..	$\frac{1}{2}s_0$	s_1	—	s_{n-1}	$\frac{1}{2}s_n$	O^{ad}	—	—	—	—	—	—	0	—
Sec. Maestra.	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}$ y	—	$\frac{1}{2}$ y	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}O_n$								
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	0	—	—	—	—	—	—	1	—
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	0	—	—	—	—	—	—	4	—
—	—	—	—	y	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	0	—	—	—	—	—	—	—	—
—	$\frac{1}{2}$ y	y	—	y	$\frac{1}{2}$ y	0	—	—	—	—	—	—	—	—
P_ϱ de proa.	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}$ y	—	$\frac{1}{2}$ y	$\frac{1}{4}$ y	$\frac{1}{2}O_n$	$n-\frac{1}{3}$	$\left(n-\frac{1}{3}\right)\frac{1}{2}O_n$	$\frac{1}{2}$ y	$n-\frac{1}{3}$	$\left(n-\frac{1}{3}\right)\frac{1}{2}$ y	$\frac{1}{2}y^3$	—	—
Suma AN..	$\frac{1}{2}s'_0$	s'_1	—	s'_{n-1}	$\frac{1}{2}s'_n$	O^{av}	Suma..	Σ_1	—	—	Σ_3	Σ_4	—	Σ_5
Total.......	$\frac{1}{2}S_0$	S'_1	—	S_{n-1}	$\frac{1}{2}S_n$	Σ								
Cálculo coordenada centro carena — Factores..	$n-\frac{1}{3}$	n − 1	—	1	$\frac{1}{3}$	—								
Cálculo coordenada centro carena — Productos.	$\left(n-\frac{1}{3}\right)S_0$	$(n-1)S_1$	—	$1\,S_{n-1}$	$\frac{1}{3}\times\frac{1}{2}S_n$	Σ_2								

Abcisa centro gravedad flotación desde P_ϱ A D $= X_g = a\frac{\Sigma_3}{S_n}$ = Mts.

Altura Meta Centro transversal $\varrho = \frac{1}{3}\cdot\frac{\Sigma_4}{b\,\Sigma}$ = Mts.

Altura Meta Centro longitudinal $R = \frac{a^2}{b}\frac{\Sigma_5}{\Sigma}$

Area plano de flotación $S_g = 2\,a.\,S_n$ = Mts².

Area Sección Maestra $\Omega = 2b\,O_n$ = Mts².

DATOS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS CALCULOS

Eslora P P = E = Metros.

Manga = m = »

Puntal = p = »

Distancia entre las ordenadas = a = Mts.

Distancia entre línea de agua = b = Mts.

Volumen del cuerpo proel:
A D $= V^{ad} = 2.\,a.\,b.\,\Sigma ad$ = Mts³.

Volumen del cuerpo popel:
AN $= V^a = 2.\,a.\,b.\,\Sigma^{av}$ = Mts³.

Volumen total $V = 2a.\,b\Sigma$ = Mts³.

Desplazamiento D = V. 1,026 = Tons.

Abcisa C carena desde $P\varrho$:
$AD = X_g = a\frac{\Sigma 1}{\Sigma}$ = Mts.

Ordenada centro carena desde flotación:
$X_y = b\frac{\Sigma_2}{\Sigma}$ = Mts.

INDICE

CONSTRUCCIÓN NAVAL

this and Foreing Shipping.--Indicaciones simbólicas.—Inspecciones.—Módulos.—Varias sociedades para clasificación y construcción de buques.—Construcción de los buques de guerra.

CAPÍTULO IV

Arqueo de buques.—Noticias históricas sobre el arqueo.—Regla internacional del arqueo.—Arqueo según la Regla de Moorsom.—Regla I.—Regla II.—Descuentos que se deben hacer al tonelaje total para obtener el neto.—Regla III.—Arqueo de los buques de guerra.—Consideraciones sobre el arqueo.—Tabla para la capacidad de bodega.

CAPÍTULO V

Altura libre de la amurada.—Freeboard.—Exponente de carga.—Generalidades.—Reglas empleadas para establecer el freeboard.—Tablas que se emplean para este fin.—Marca para el Freeboard mínimo.

CAPÍTULO VI

Materiales.—Noticias históricas sobre la construcción de los cascos de hierro y de acero.—Ventajas e inconvenientes de los mismos comparados con los de maderas.—Pruebas que garantizan la buena calidad del material.

CAPÍTULO VII

Varios tipos de quilla más usados.—Rodas y codastes.—Unión de los codastes con la quilla.—Cuadernas simples y reforzadas.—Cuadernas de barra de sección a *Z* y a *U*.—Varios tipos de sobre-quillas.—Sobre-quilla central, intercostal y sobre-quilla central continua entre las varengas.—Baos.—Extructura de los mismos.—Unión con las cuadernas.—Puntales macizos y huecos.—Unión de los mismos con los baos y con el fondo de la bodega.—Trancaniles.—Método para hacer estanco un trancanil.—Hiladas longitudinales de ligazón entre los baos.—Bandas diagonales.—Cubiertas forradas con planchas.—Escotillas.—Tablazón de las cubiertas.—Superstructuras.—Escotillas blindadas y enrejadas.—Fogonadura de los palos.—Linoleum.—Cubierta de protección.—Forro exterior.—Disposición de las varias hiladas en el sentido longitudinal.—Unión de los topes de las chapas que forman el forro exterior.—Extremidad de las hiladas.—Espesor, remachado y calafateo del forro exterior.—Quilla de balance.—Mamparos estancos.—Generalidades.—Extructura de los mismos.—Refuerzos.—Unión de los mamparos con las cubiertas.—Pasaje de los refuerzos continuos en los mamparos.—Prueba de los mam-

paros estancos.—Doble fondo.—Doble fondo sobre las varengas.—Doble fondo con varengas continuas.—Doble fondo celular.—Generalidades sobre los doble fondo.—Tanques y Compartimentos estancos para lastre de agua.—Amuradas.—Indicios de poca resistencia en el sentido transversal y longitudinal. — Sistema de construción longitudinal.

TEORÍA DEL BUQUE

CAPÍTULO I

Representación gráfica del casco. — Plano de construcción.—Consideraciones generales.—Líneas de agua.—Plano longitudinal.—Plano vertical o transversal.—Escala de los dibujos.—Trazado de los planos de construcción.—Formas verticales.—Reglas para trazar las curvas.—Complementos de los planos. — Leyenda. — Planos cianográficos y heleográficos.—Planos de la Sección maestra y de los detalles de construcción. — Planos de las divisiones internas. — Plano del velamen.

CAPÍTULO II

Cálculos para el Desplazamiento y para la Estabilidad.—Principios de hidrostática. — Condiciones de equilibio de un cuerpo flotante. —Determinación del área de un línea de agua y de la de una ordenada.—Volumen de la carena.

CAPÍTULO III

Escala de los desplazamientos y problemas que se resuelven con ella.—Determinar el peso del casco.—Determinar la carga máxima que un buque puede transportar.—Cantidad de carga que se necesita embarcar o desembarcar para llevar el buque a determinada inmersión. — Aumento del calado de un buque cuando pasa del agua de mar al agua dulce.

CAPÍTULO IV

Determinación de las coordenadas del centro de gravedad de una línea de agua y de las coordenadas del centro de gravedad del volumen de carena. — Curvas de los centros de gravedad. — Abcisa del centro de gravedad de la línea de flotación.—Cálculos para la Estabilidad.—Estabilidad transversal.—Meta centro. — Expresión del momento del par de Estabilidad.—Cómputo del Radio de Meta-centro.—Estabilidad de forma y estabilidad de peso.

CAPÍTULO V — Determinación experimental de la posición del centro de gravedad de los buques.—Prueba de estabilidad.—Valores del brazo de estabilidad para buques mercantes a vela, con motor y de guerra.—Estabilidad longitudinal y meta centro longitudinal.—Disposición del cuadro de los cálculos para el desplazamiento y para la estabilidad.
